



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN
FARKLI ÖN SOĞUTMA
YÖNTEMLERİ İLE SOĞUTULMASINDA
İŞLETİM VE TASARIM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

İlknur ALİBAŞ

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

BURSA-2008



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN
FARKLI ÖN SOĞUTMA
YÖNTEMLERİ İLE SOĞUTULMASINDA
İŞLETİM VE TASARIM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

İlknur ALİBAŞ

Prof.Dr. Rasim OKURSOY
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

BURSA-2008

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN
FARKLI ÖN SOĞUTMA
YÖNTEMLERİ İLE SOĞUTULMASINDA
İŞLETİM VE TASARIM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

İlknur ALİBAŞ

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu Tez/...../2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Rasim OKURSOY Prof.Dr. Poyraz ÜLGER Prof.Dr. Erkan REHBER
Danışman

Prof.Dr. Ali İhsan ACAR Yrd. Doç.Dr. Ali VARDAR

ÖZET

Bu çalışmada karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve enginarın havayla, basınçlı suyla, suyla ve vakumla ön soğutulmasına çalışılmıştır. Ön soğutmaya alınacak tüm ürünler ağırlıkları 5000 ± 5 g olacak şekilde tartılarak standart plastik kasalara konulmuşlardır. İlk sıcaklık değerleri $23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ olan tüm ürünler sıcaklık değerleri 1°C oluncaya kadar soğutulmuşlardır. Ön soğutma işlemi süresince zamana bağlı sıcaklık ve enerji tüketimi değerleri ile soğutma sırasında oluşan ağırlık farkı değerleri alınmıştır.

Ön soğutma sonrasında dört farklı yöntemle soğutulmuş olan ürünler soğuk depolama koşullarında dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 1000 ± 5 g ağırlığında tartılarak kontrollü atmosfer odasına (KAO) konulmuşlardır. Kontrollü atmosfer odasının sıcaklığı 1°C , oransal nemi $\%90 \pm 5$ ve atmosfer bileşimi ise $0:21$ [$\%CO_2 : \%O_2$] – (0:21)kontrol]'dir. Dört farklı yöntem ile ön soğutulmuş ve hiç ön soğutma yapılmamış karalahana, bakla ve enginar KAO'nda 30 gün boyunca depolanırken; pazı, ıspanak ve semizotu yapısal olarak daha narin olmalarından dolayı KAO'nda 15 gün boyunca depolanmışlardır. KAO depolama süresince karalahana, bakla enginarında 0. 15. ve 30. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm derecesi değerlerine bakılmıştır. Karalahana ve baklada KAO depolama süresince renk kriterleri (L, a, b, C, α), değerleri de saptanmıştır. Ayrıca bakla ve enginarında bahsi geçen kalite parametrelerine ilaveten sertlik değerine de bakılmıştır. KAO depolama süresince pazı, ıspanak ve semizotunda 0. ve 15. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, renk kriterleri (L, a, b, C, α), genel görünüm derecesi değerlerine bakılmıştır. Tüm kalite parametrelerine bakılarak her üründe KAO için en uygun ön soğutma yönteminin belirlenmesine çalışılmıştır.

Çalışmada ayrıca ön soğutma sonrasında dört farklı yöntemle soğutulmuş olan ürünler pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 1000 ± 5 g ağırlığında tartılarak sıcaklığı $22 \pm 1^\circ\text{C}$, oransal nemi $\%55-60$ olan oda koşullarına (OK) konulmuşlardır. Dört farklı yöntem ile ön soğutulmuş ve hiç ön soğutma yapılmamış karalahana, bakla ve enginar OK'nda 10 gün boyunca depolanırken; pazı, ıspanak ve semizotu yapısal olarak daha narin olmalarından dolayı OK'nda 5 gün boyunca depolanmışlardır. OK'nda depolama süresince karalahana, bakla enginarında 0. 5. ve 10. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm derecesi değerlerine bakılmıştır. Karalahana ve baklada OK'nda depolama süresince renk kriterleri (L, a, b, C, α), değerleri de saptanmıştır. Ayrıca bakla ve enginarında bahsi geçen kalite parametrelerine ilaveten sertlik değerine de bakılmıştır. OK'nda depolama süresince pazı, ıspanak ve semizotunda 0. ve 5. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, renk kriterleri (L, a, b, C, α), genel görünüm derecesi değerlerine bakılmıştır. Tüm kalite parametrelerine bakılarak her üründe OK için en uygun ön soğutma yönteminin belirlenmesine çalışılmıştır.

Çalışmada her soğutma yöntemi ve her ürün için termodinamik hesaplamalar yapılmıştır. Buharlaştırıcı tarafından soğuk ortamdan kaldırılan ısı ($Q_{4,1}$), yoğuşturucu tarafından sıcak ortama verilen ısı ($Q_{2,3}$), kompresörün yaptığı iş ($W_{1,2}$), soğutma (ϵ_{so}) ve ısıtma (ϵ_{is}) katsayıları, sistemden geçen soğutucu akışkan miktarı (m) ve soğutma çevrimlerinin köşe noktalarına ait basınç (P), hacim (V), entalpi (h), entropi (S) ve sıcaklık (T) değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla, enginar, suyla ön soğutma, vakumla ön soğutma, havayla ön soğutma, kalite parametreleri, termodinamik özellikler

ABSTRACT

In the present study, collard, chard, spinach, purslane, broad bean and artichoke were intended to pre-cool by air, pressurized hydro, hydro and vacuum. All products taken into pre-cooling were weighted constituting weights in the range of 5000 \pm 5 g and replaced into plastic boxes. All products in 23.5 \pm 0.5 °C initial heat levels were cooled until having 1°C temperature value. During pre-cooling variations in weight between time dependent heat and energy consumption values and during cooling sequence were recorded. Following the pre-cooling operation, with the intention of determining the resistance of frozen products by means of four different methods were weighted in the range of 1000 \pm 5 g and replaced into inspected atmosphere chamber (KAO). Temperature of the inspected atmosphere chamber 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 four different methods and non pre-cooling implemented collard, broad bean and artichoke were stored in KAO in 30 days: chard, spinach and purslane owing to their more susceptible nature stored 15 days in KAO. During KAO storage kale, horse bean and artichoke decomposition, weight loss and overall composition values were measured at 0.15th and 30th days. In collard and broad bean colour criterions (L, a, b, C, α) were determined during storage. Moreover, in horse bean and artichoke in addition to mentioned quality criterions roughness values were found out additionally. Investigating the entire quality parameters in all products, most convenient pre-cooling method pertaining to KAO was intended to be diagnosed.

In the study, at the same time, products cooled in four various methods after the pre-cooling were weighted in the range of 1000 \pm 5 g in order to find out their resistance for market conditions and replaced under 22 \pm 1 °C heat level, 55-60% room temperature (OK) ambient. While pre-cooled by four different methods and non pre-cooled collard, broad bean and artichoke under OK were kept 10 days; chard, spinach and purslane were kept under OK 5 days owing to their susceptible nature. During storage under OK collard, broad bean and artichoke decomposition, weight loss, overall composition rates were evaluated. In collard and broad bean during storage under OK colour criterions (L, a, b, C, α) were measured. At the same time, in broad bean and artichoke in addition to mentioned quality parameters, roughness parameters were evaluated. During storage under OK, in chard, spinach and purslane at 0 and 5 days decomposition, weight loss, colour criterions (L, a, b, C, α), overall composition parameters were evaluated. Measuring the entire quality parameters on all products most convenient pre-cooling methods was intended to be determined for OK.

In the present investigation for each cooling method and for each product thermodynamic calculations were carried out. From the evaporator side heat collected from the cool environment ($Q_{4,1}$), heat scattered to warm environment by condenser ($Q_{2,3}$), action generated by compressor ($W_{1,2}$), cooling (ϵ_{so}) and warming (ϵ_{is}), coefficients, cooler fluid quantity passing along the system (m) and pressure (P) of the cooler cycles edge points, volume (V), enthalpy (h), entropy (S) and temperature (T) values were measured.

Key Words: Collard, chard, spinach, purslane, broad bean, artichoke, hydro pre-cooling, vacuum pre-cooling, air pre-cooling, quality parameters, thermodynamic properties.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
DENKLEMLER DİZİNİ.....	XX
EKLER DİZİNİ.....	XXI
SİMGELER DİZİNİ.....	XXII
GİRİŞ	1
1. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	31
2.1. Materyal.....	31
2.1.1. Tarımsal ürünler.....	31
2.1.1.1. Karalahana.....	31
2.1.1.2. Pazı.....	32
2.1.1.3. Ispanak.....	32
2.1.1.4. Semiziotu.....	33
2.1.1.5. Bakla.....	33
2.1.1.6. Enginar.....	35
2.1.2. Ön soğutma sistemleri.....	36
2.1.2.1. Havayla ön soğutma sistemi.....	37
2.1.2.2. Suyla ön soğutma sistemi.....	40
2.1.2.3. Vakumla ön soğutma sistemi.....	43
2.1.3. Ölçü aletleri ve diğer sistemler.....	46
2.1.3.1. Veri toplama cihazı.....	46
2.1.3.2. Vakummetre ve U-manometre.....	47
2.1.3.3. Monofaze ve trifaze elektrik sayaçları.....	47
2.1.3.4. Tartım aletleri.....	48
2.1.3.5. Renk ölçüm cihazı.....	48

2.1.3.6. Planimetre, kumpas ve laboratuvar malzemeleri.....	49
2.1.3.7. Kontrollü atmosfer odası v bekletme odası.....	50
2.1.3.8. Etüv ve kül fırını.....	51
2.1.3.9. Penetrometre.....	52
2.1.3.10. Kamera ve kronometre.....	52
2.1.3.11. Plastik kasa.....	53
2.1.3.12. Higrometre ve termometreler.....	53
2.2. Yöntem.....	54
2.2.1. Havayla ön soğutma yöntemi.....	55
2.2.2. Suyla ön soğutma yöntemi.....	55
2.2.3. Vakumla ön soğutma yöntemi.....	56
2.2.4. Renk ölçüm yöntemi.....	57
2.2.5. Biyolojik malzemenin teknik özelliklerini belirleme yöntemleri.....	58
2.2.5.1. Boyutsal özellikleri belirleme yöntemi.....	58
2.2.5.2. Hacim ve özgül ağırlık belirleme yöntemi.....	60
2.2.5.3. Nem ve kül tayini.....	60
2.2.6. İstatistik yöntemleri.....	62
2.2.6.1. En küçük anlamlı fark (LSD).....	62
2.2.6.2. Non-lineer regresyon analizi.....	62
2.2.7. Ön soğutma sonrası muhafaza yöntemleri.....	63
2.2.7.1. Kontrollü atmosfer odasında depolama yöntemi.....	63
2.2.7.2. Oda koşullarında depolama yöntemi.....	64
2.2.8. Sistemlerin termodinamik çözümlenmesi.....	65
2.2.8.1. Soğutma çevriminin köşe noktalarına ilişkin termodinamik özelliklerin belirlenmesi.....	65
2.2.8.2. Soğutma sisteminden sızan ısı (soğuk ortamdan kaldırılan ısı).....	68
2.2.8.3. Isı pompasında devredilmesi gereken soğutucu akışkan miktarı.....	70
2.2.8.4. Sıcak ortama verilen ısı.....	71
2.2.8.5. Kompresöre verilen iş.....	71
2.2.8.6. Soğutma ve ısıtma katsayıları.....	71

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	72
3.1. Karalahana Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	72
3.1.1. Karalahana bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	72
3.1.2. Karalahana bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	77
3.1.3. Karalahana bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	84
3.1.4. Karalahananın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar.....	88
3.2. Pazı Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	91
3.2.1. Pazı bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	91
3.2.2. Pazı bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	96
3.2.3. Pazı bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	101
3.2.4. Pazının soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar.....	104
3.3. Ispanak Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	107
3.3.1. Ispanak bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	107
3.3.2. Ispanak bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	112
3.3.3. Ispanak bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	117
3.3.4. Ispanağın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar.....	120
3.4. Semizotu Pazı Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	123
3.4.1. Semizotu bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	123
3.4.2. Semizotu bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	128
3.4.3. Semizotu bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	133
3.4.4. Semizotunun soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar...	138
3.5. Bakla Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	140
3.5.1. Bakla bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	140

3.5.2. Bakla bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	145
3.5.3. Bakla bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	153
3.5.4. Baklanın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar.....	159
3.6. Enginar Bitkisine Ait Araştırma Bulguları.....	162
3.6.1. Enginar bitkisine ait ön soğutma parametreleri.....	162
3.6.2. Enginar bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	167
3.6.3. Enginar bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri.....	173
3.6.4. Enginarın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar.....	180
4. TARTIŞMA.....	182
SONUÇ.....	191
KAYNAKLAR.....	194
EKLER.....	203
ÖZGEÇMİŞ.....	210
TEŞEKKÜR.....	211

KISALTMALAR DİZİNİ

- BSÖS - Basınçlı Suyla Ön Soğutma
- CR - Soğutma Katsayısı
- HÖS - Havayla Ön Soğutma
- KAÖ - Kontrollü Atmosfer Odası
- LSD - En Küçük Anlamli Fark
- NHÖS - Nemli Havayla Ön Soğutma
- OK - Oda Koşulları
- ÖS - Ön Soğutma Yapılmamış Örnekler
- PB - Paket Buzlama
- R12 - Freon 12
- SEE - Standart Hata
- SOOS - Soğuk Odada Ön Soğutma
- SÖS - Suyla Ön Soğutma
- VÖS - Vakumla Ön Soğutma

ÇİZELGELER DİZİNİ		Sayfa
Çizelge	1.1. Ön soğutma yöntemlerinin bazı tarımsal ürünlere uygunluk derecesi.....	6
Çizelge	1.2. Farklı soğutma yöntemleriyle soğutma işleminin avantaj ve dezavantajları.....	8
Çizelge	1.3. Farklı soğutma tekniklerinin karşılaştırılması.....	9
Çizelge	1.4. Bazı meyve ve sebzelerin soğutulmasına en uygun ön soğutma teknikleri.....	10
Çizelge	1.5. Bazı tarımsal ürünlere uygun ön soğutma yöntemleri.....	11
Çizelge	2.1. Karalahananın bazı teknik özellikleri.....	31
Çizelge	2.2. Pazının bazı teknik özellikleri.....	32
Çizelge	2.3. Ispanağın bazı teknik özellikleri.....	33
Çizelge	2.4. Semizotunun bazı teknik özellikleri.....	34
Çizelge	2.5. Baklanın bazı teknik özellikleri.....	34
Çizelge	2.6. Enginarın bazı teknik özellikleri.....	35
Çizelge	2.7. Freon 12 (R12)'nin özellikleri ve performans değerleri.....	40
Çizelge	3.1. Karalahana bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	73
Çizelge	3.2. Karalahana bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	77
Çizelge	3.3. Karalahana bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	83
Çizelge	3.4. Karalahana bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri.....	89
Çizelge	3.5. Karalahananın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	90
Çizelge	3.6. Pazı bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	92
Çizelge	3.7. Pazı bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	95
Çizelge	3.8. Pazı bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	100
Çizelge	3.9. Pazı bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri..	105

ÇİZELGELER DİZİNİ		Sayfa
Çizelge	3.10. Pazının havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	106
Çizelge	3.11. Ispanak bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	108
Çizelge	3.12. Ispanak bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	112
Çizelge	3.13. Ispanak bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	116
Çizelge	3.14. Ispanak bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri.....	121
Çizelge	3.15. Ispanağın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	122
Çizelge	3.16. Semizotu bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	124
Çizelge	3.17. Semizotu bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	127
Çizelge	3.18. Semizotu bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	132
Çizelge	3.19. Semizotu bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri.....	137
Çizelge	3.20. Semizotunun havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	139
Çizelge	3.21. Bakla bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	141
Çizelge	3.22. Bakla bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	144
Çizelge	3.23. Bakla bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	152
Çizelge	3.24. Bakla bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri	160
Çizelge	3.25. Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	161
Çizelge	3.26. Enginar bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler.....	164
Çizelge	3.27. Enginar bitkisinin ön soğutma parametreleri.....	167

ÇİZELGELER DİZİNİ		Sayfa
Çizelge	3.28. Enginar bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri.....	173
Çizelge	3.29. Enginar bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri.....	180
Çizelge	3.30. Enginarın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler.....	181
Çizelge	4.1. Tarımsal ürünlerin ön soğutma zamanları (dak).....	182
Çizelge	4.2. Tarımsal ürünlerde soğutma işlemleri sırasında oluşan ağırlık farkları (%).....	186
Çizelge	4.3. Soğutma işlemleri sırasında ölçülen enerji tüketimi (kWh)ve harcanan güç geğerleri (kW).....	187
Çizelge	4.4. OK ve KAO koşullarında bekletilmiş ürünlerin kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yöntemleri	189

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	1.1. Laboratuvar tipi vakumla ön soğutma deneme düzeneği.....	9
Şekil	1.2. Vakumla soğutma sisteminin şematik görünüşü.....	14
Şekil	2.1. Karalahana bitkisi.....	31
Şekil	2.2. Pazı bitkisi.....	32
Şekil	2.3. Ispanak bitkisi.....	33
Şekil	2.4. Semizotu bitkisi.....	34
Şekil	2.5. Bakla bitkisi.....	34
Şekil	2.6. Enginar bitkisi.....	35
Şekil	2.7. Soğutma makinasının çalışma prensibi.....	36
Şekil	2.8. Soğutmaya ilişkin Rankine çevriminin Sıcaklık-Entropi (TS) ve Basınç-Entalpi (Ph) diyagramları.....	37
Şekil	2.9. Havayla ön soğutma sisteminin şematik görünüşü.....	38
Şekil	2.10. Havayla ön soğutma sisteminin genel görünüşü.....	38
Şekil	2.11. Suyla ön soğutma sisteminin şematik resmi.....	41
Şekil	2.12. Suyla ön soğutma sisteminin genel görünüşü.....	41
Şekil	2.13. Vakumla ön soğutma sisteminin şematik resmi.....	44
Şekil	2.14. Vakumla ön soğutma sisteminin genel görünüşü.....	44
Şekil	2.15. Vakum pompası.....	46
Şekil	2.16. Veri toplama cihazı ve sıcaklık ölçüm probu.....	47
Şekil	2.17. Vakummetre ve civalı U-manometre.....	47
Şekil	2.18. Trifaze ve monofaze elektrik sayaçları.....	48
Şekil	2.19. Çalışmada kullanılan dijital teraziler.....	48
Şekil	2.20. Renk ölçüm cihazı.....	49
Şekil	2.21. Planimetre.....	49
Şekil	2.22. Dijital kumpas.....	50
Şekil	2.23. Kullanılan laboratuvar malzemeleri; a: beher, b: cam ölçü silindirleri c: porselen kroze, d: petri kabı, e: desikatör.....	50
Şekil	2.24. Kontrollü atmosfer odasının genel görünüşü.....	51
Şekil	2.25. a. Etüvün genel görünüşü; b. Kül fırınının genel görünüşü.....	51
Şekil	2.27. Penetrometre, taşıyıcı sehpa ve penetrometrenin taşıyıcı sehpa bağlantısı.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	2.28. Kamera ve dijital kronometre.....	52
Şekil	2.29. Çalışmada kullanılan plastik kasalar.....	53
Şekil	2.30. Analog higrometre ve termometre.....	53
Şekil	2.31. Soğutma sistemlerine ilişkin T-S (Sıcaklık-Entropi), P-h (Basınç-Entalpi), P-V (Basınç-Hacim), T-V (Sıcaklık-Hacim), P-T (Basınç-Sıcaklık) ve h-S (Entalpi-Entropi) diyagramları.....	65
Şekil	3.1. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü.....	72
Şekil	3.2. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh).....	75
Şekil	3.3. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak)...	75
Şekil	3.4. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı].....	76
Şekil	3.5. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 15, 30.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	79
Şekil	3.6. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 15, 30.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	80
Şekil	3.7. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 15, 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)......	81
Şekil	3.8. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	85
Şekil	3.9. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	86

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	3.10. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	87
Şekil	3.11. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü.....	91
Şekil	3.12. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh).....	93
Şekil	3.13. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak).....	94
Şekil	3.14. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak).....	95
Şekil	3.15. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 15.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	97
Şekil	3.16. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	98
Şekil	3.17. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	99
Şekil	3.18. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	102
Şekil	3.19. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%).....	102
Şekil	2.20. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0, 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	103
Şekil	3.21. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü.....	107

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	3.22. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh).....	110
Şekil	3.23. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak).....	110
Şekil	3.24. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı].....	111
Şekil	3.25. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 15.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	113
Şekil	3.26. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	114
Şekil	3.27. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	115
Şekil	3.28. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	118
Şekil	3.29. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	118
Şekil	3.30. Şekil 63. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0, 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	119
Şekil	3.31. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü.....	123
Şekil	3.32. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh).....	126
Şekil	3.33. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak).....	126

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	3.34. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı].....	127
Şekil	3.35. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 15. gün sonundaki bozulma oranları (%)......	129
Şekil	3.36. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	130
Şekil	3.37. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)......	131
Şekil	3.38. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)......	134
Şekil	3.39. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)......	135
Şekil	3.40. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0, 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)......	136
Şekil	3.41. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü.....	140
Şekil	3.42. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)......	143
Şekil	3.43. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak)......	143
Şekil	3.44. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı].....	144

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	3.45. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 15, 30.gün sonundaki bozulma oranları (%).....	146
Şekil	3.46. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 15, 30. gün sonundaki ağırlık kaybı (%).....	148
Şekil	3.47. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0,15, 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	149
Şekil	3.48. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0,15, 30.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg).....	150
Şekil	3.49. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki bozulma oranları (%).....	155
Şekil	3.50. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%).....	156
Şekil	3.51. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	157
Şekil	3.52. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg).....	158
Şekil	3.53. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü	162
Şekil	3.54. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh).....	165
Şekil	3.55. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki birim zamandaki enerji tüketimi (kWh/dak).....	165

ŞEKİLLER DİZİNİ		Sayfa
Şekil	3.56. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı].....	166
Şekil	3.57. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 15, 30.gün sonundaki bozulma oranları (%).....	168
Şekil	3.58. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 15, 30. gün sonundaki ağırlık kaybı (%).....	170
Şekil	3.59. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0,15, 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	171
Şekil	3.60. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0,15, 30.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg).....	172
Şekil	3.61. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki bozulma oranları (%).....	175
Şekil	3.62. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%).....	176
Şekil	3.63. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10).....	177
Şekil	3.64. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0, 5, 10.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg).....	179

DENKLEMLER DİZİNİ		Sayfa
Denklem	2.1. Rengin kroması.....	57
Denklem	2.2. Renk açısı.....	57
Denklem	2.3. Enginarın yüzey alanı.....	59
Denklem	2.4. Küresellik.....	59
Denklem	2.5. Yuvarlaklık oranı.....	59
Denklem	2.6. Özgül ağırlık.....	60
Denklem	2.7. Biyolojik materyaldeki su ağırlığı.....	61
Denklem	2.8. Yaş baza göre nem içeriği (%).....	61
Denklem	2.9. Biyolojik materyalin içindeki organik madde miktarı (%).....	61
Denklem	2.10. Biyolojik materyalin içindeki mineral madde (kül) miktarı (%)..	61
Denklem	2.11. Veri toplama cihazı aracılığıyla sistemin çalışması sırasında ölçülen sıcaklık (°C).....	62
Denklem	2.12. Yaş buharın 4 noktasına ilişkin kuruluk derecesi.....	68
Denklem	2.13. Yaş buharın 4 noktasına ilişkin hacim değeri.....	68
Denklem	2.14. Yaş buharın 4 noktasına ilişkin entropi değeri.....	68
Denklem	2.15. Soğutma sisteminden sızan ısı (soğuk ortamdaki kaldırılan ısı)	68
Denklem	2.16. Duvarlardan gelen ısı kaybı.....	69
Denklem	2.17. Tarımsal materyalin soğutulması için materyalden alınması gereken ısı enerjisi.....	69
Denklem	2.18. Birim kütle başına soğuk ortamdaki kaldırılan ısı.....	70
Denklem	2.19. Soğuk ortamdaki kaldırılan ısı.....	70
Denklem	2.20. Isı pompasında devredilmesi gereken soğutucu akışkan miktarı..	70
Denklem	2.21. Birim kütle başına sıcak ortama verilen ısı.....	71
Denklem	2.22. Sıcak ortama verilen ısı.....	71
Denklem	2.23. Kompresöre verilen iş.....	71
Denklem	2.24. Soğutma katsayısı.....	71
Denklem	2.25. Isıtma katsayısı.....	71

EKLER DİZİNİ		Sayfa
Ek-1	Çeşitli bahçe ürüne ait istatistiki veriler (FAOSTAT 2007).....	203
Ek-2	Karalahananın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	204
Ek-3	Pazının vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	205
Ek-4	İspanağın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	206
Ek-5	Semizotunun vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	207
Ek-6	Baklanın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	208
Ek-7	Enginarın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri.....	209

SİMGELER DİZİNİ

a	-	Rengin Kırmızılık ya da Yeşillik Değeri
b	-	Rengin Mavilik ya da Sarılık Değeri
C	-	Rengin Kroması
L	-	Rengin Parlaklık Oranı
α	-	Renk Açısı
R^2	-	Regresyon Modeli Karar Katsayısı
Φ	-	Küresellik
L	-	Biyolojik malzemenin uzunluğu
W	-	Biyolojik malzemenin genişliği
T	-	Biyolojik malzemenin kalınlığı
YO	-	Yuvarlaklık Oranı
r	-	En keskin köşenin eğrilik yarıçapı
R	-	Ürünün ortalama çapı
γ	-	Özgül ağırlık
G	-	Materyalin birim ağırlığı
v	-	Materyalin hacmi
W_s	-	Biyolojik materyaldeki su ağırlığı
W_m	-	Biyolojik materyaldeki kuru madde ağırlığı
W_t	-	Biyolojik materyalin toplam ağırlığı
% N_{yb}	-	Yaş baza göre nem içeriği
HKT	-	Hava kuru ağırlığı
FKT	-	Fırın kuru ağırlığı
%Organik	-	Biyolojik materyalin içindeki organik madde miktarı
%Mineral	-	Biyolojik materyalin içindeki mineral madde (kül) miktarı
T	-	Veri toplama cihazı aracılığıyla sistemin çalışması sırasında ölçülen sıcaklık
T_i	-	Ürünün ön soğutma işlemi sonunda ulaşması istenen sıcaklık değeri
T_m	-	Materyalin soğutulmadan önceki sıcaklığı
CR	-	Soğutma katsayısı
t	-	Zaman

Q_t	-	Soğutma Sisteminden Sızan Isı (Soğuk Ortamdan Kaldırılan Isı)
Q_a	-	Duvarlardan gelen ısı kaybı
Q_b	-	Tarımsal materyalin soğutulması için materyalden alınması gereken ısı enerjisi
Q_c	-	Ürünün yaydığı soğutma işlemi sırasında yaydığı ısı
Q_d	-	Soğutma sisteminin kapısının açılmasıyla olan ısı kaybı
Q_e	-	Soğuk depo içerisinde aydınlatma, havalandırma vb. gibi düzenler nedeniyle oluşan ısı kaybı
k	-	Soğuk hava deposunun cidarlarının ısı iletim katsayısı
d_l	-	İzolasyon kalınlığı
F	-	Soğutucu ünitenin tüm kenarlarının toplam yüzey alanı
t_2	-	Dış ortam sıcaklığı
t_1	-	Soğuk hava deposunda depolanacak ürünün ulaşması beklenen sıcaklık
G	-	Ürün miktarı
c	-	Ürünün özgül ısısı
h	-	Soğutma süresi
T_1	-	Sabit entalpide (adyabatik) sıkıştırma başlangıcındaki sıcaklık (Soğutma kabınınin sıcaklığı)
P_1	-	Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar basıncı değeri
V_1	-	Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar hacmi değeri
S_1	-	Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar entropisi değeri
h_1	-	Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar entalpisi değeri
X_1	-	Doymuş buhar
T_2	-	Sabit basınçta sıkıştırma başlangıcındaki sıcaklık
P_2	-	Sabit basınçta sıkıştırma başlangıcındaki basınç
V_2	-	Sabit basınçta sıkıştırma başlangıcındaki hacim
S_2	-	Sabit basınçta sıkıştırma başlangıcındaki entropi

h_2	-	Sabit basınçta sıkıştırma başlangıcındaki entalpi
T_3	-	Sabit entalpide kısılma başlangıcındaki sıcaklık
P_3	-	Sabit entalpide kısılma başlangıcındaki basınç
V_3	-	Sabit entalpide kısılma başlangıcındaki hacim
S_3	-	Sabit entalpide kısılma başlangıcındaki entropi
h_3	-	Sabit entalpide kısılma başlangıcındaki entalpi
T_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki sıcaklık
P_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki basınç
V_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki hacim
S_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki entropi
h_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki entalpi
X_4	-	Sabit sabit basınçta genişleme başlangıcındaki yaş buharın kuruluk oranı
$Q_{4,1}$	-	Soğuk ortamdan kaldırılan ısı
$Q_{2,3}$	-	Sıcak ortamdan verilen ısı
$W_{1,2}$	-	Kompresöre verilen iş
$q_{4,1}$	-	Birim kütle başına soğuk ortamdan kaldırılan ısı
$q_{2,3}$	-	Birim kütle başına sıcak ortama verilen ısı
m	-	Isı pompasında devredilmesi gereken soğutucu akışkan miktarı
ϵ_{so}	-	Soğutma katsayısı
ϵ_{is}	-	Isıtma katsayısı

GİRİŞ

Tarımın başlıca amacı, birim alandan alınan ürün miktarını mümkün olduğunca artırmaktır. Tarımsal ürünlerin üretim miktarları her geçen yıl daha fazla artmaktadır. Buna karşın iklim şartlarına bağlı olarak, tarımsal ürünler, piyasaya aynı anda girmemektedir. Bu nedenle de tarımsal ürünlerden beklenen ekonomik değer elde edilememektedir. Diğer yandan, tarımsal ürünlerin hasadından pazara ulaştırılmasına kadar geçen süreçte fizyolojik ve biyolojik olarak bozulmaları söz konusu olmaktadır (Işık 1994).

İnsanların beslenmesinde önemli bir yere sahip olan tarımsal ürünlerin üretiminden tüketimine kadar olan aşamalarda bazı kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar yıllık üretimin tahıllarda %10'unu, kuru ot üretiminde %28'ini, meyvelerde %35'ini ve sebzelerde ise %40'ına yakın kısmını oluşturmaktadır. Bu rakamlara göre, dünyanın tarımsal ürün üretim miktarları göz önüne alındığında ürün kaybının çok büyük boyutlara ulaşabileceği açıkça görülmektedir (Işık ve Alibaş 2000).

Taze meyve ve sebzelerin hasadından sonra tüketim süresini uzatabilmek için ürün kalitelerinin uzun süre korunabilmesi ve bozulmalarının geciktirilmesi istenmektedir. Derim işleminden sonra üründeki solunum faaliyetlerinin sürmesi, taze meyve ve sebzelerde hasattan sonra oluşan bozulmaların başlıca nedenidir. Hasattan sonra fizyolojik ve biyolojik aktivitenin sürmesi ile zaman ve sıcaklık artışına bağlı olarak ürünün bünyesinde bazı biyolojik bozulmalar oluşmaktadır. Solunumun hasattan sonra da devam etmesi, enzimlerin bozulması, mikroorganizma faaliyetlerinin artan sıcaklığa bağlı olarak hızlanması ve materyalin bünyesinde etilen oluşumunun artması gibi nedenler biyolojik bozulmaların başlıca nedenleri arasında sayılmaktadır. Ürün kaybını en aza indirmek, ürünün kullanılabilir ömrünü ve kalitesini artırmak için günümüze kadar pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de soğutma yöntemidir. Sebze ve meyvelerde hasat işleminden sonra oluşan bozulmanın engellenmesi için ürünlerin, derimden hemen sonra soğutulması gerekmektedir.

Hasat edilen ürünlerde, ürün kalitesinin korunması, hasat sonrası oluşan ağırlık kayıplarının azaltılması, ürünün solunum hızının yavaşlatılması, materyalin bünyesindeki su kaybının en aza indirilmesi, ürünün bünyesindeki mikroorganizma faaliyetlerinin azaltılması, yaralanma etkisinin minimum düzeye indirilmesi ve etilen gazı oluşumunun yavaşlatılması açısından ürünlerin hasat işleminin hemen ardından soğutulması son derece önemlidir. Özellikle hızlı bozulan ürünlerin zaman kaybetmeden soğutulması, ürünün depolama ve satış kalitesinin korunmasında büyük önem taşımaktadır (Işık 1994, Sun ve Wang 2004, Wang ve Sun 2001).

Yeni hasat edilmiş ürünlerin bünyesinde %65 ile %95 oranında su bulunmaktadır. Bu nedenle hasattan sonra ürünün bünyesinde oluşan su kaybı, materyalin bozulmasının ana sebeplerinden biri olarak nitelendirilmektedir (Kader ve ark. 1992). Materyalin bünyesinde oluşan su kaybının, ürünün yapısında meydana gelen pörsüme ve sararmanın azaltılması için hasat işleminden hemen sonra ürün sıcaklığının depolama sıcaklığına kadar hızla düşürülmesi gerekmektedir (Sankat ve Mujaffar 1999). Ürünün, hasat sıcaklığından depolama sıcaklığına kadar hızlı bir şekilde düşürülmesi işlemine “ön soğutma” adı verilmektedir. Ön soğutma tekniklerinin kullanılması ile ürünün bünyesindeki su kaybı azaltılmakta ve çabuk bozulan gıda maddelerinin kullanılabilir ömrü uzatılmaktadır (Brosnan ve Sun 2003). Ön soğutma işleminden sonra soğutulmuş ürün, soğutma sıcaklığı korunarak ya pazara gönderilmekte ya da depolanmaktadır. Ürünün pazara gönderilmeden önce soğutulması, genellikle soğutma kapasitesi düşük olan taşıyıcı araçların soğutma yükünü azaltmaktadır. Depolanacak ürünlere daha önceden ön soğutma yapılması, depolama sırasında harcanan soğutma gücünden tasarruf sağlanmasına olanak tanımaktadır (Işık 1994).

Ön soğutma işlemleri soğutulacak ürünün özelliklerine ve uygulanacak teknolojiye göre genel olarak üç farklı yöntemle yapılmaktadır. Bu yöntemler; havayla ön soğutma, suyla ön soğutma ve vakumla ön soğutma yöntemleridir.

Havayla ön soğutma yöntemi bilinen en eski ön soğutma yöntemidir. Bu yöntem, soğutucu akışkan olarak kullanılan havanın basıncına bağlı olarak durağan (sabit) hava ile soğutma (soğuk hava depoları) ve zoraki (basınçlı) hava akımıyla soğutma olarak iki kısımda incelenmektedir. Soğutucu akışkan olarak kullanılan havanın soğutulacak olan

materyalin bulunduğu ortama ya sabit hızla ya da basınçlı olarak gönderilmesi ile havayla ön soğutma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Hasat sıcaklığındaki ürün, soğuk havanın etkisi ile dış yüzeyden başlayarak iç yüzeye doğru ısı taşınımı (konveksiyon) yoluyla soğutulmaktadır.

Suyla ön soğutma yöntemi ise daldırma ve püskürtme ile soğutma olarak iki kısımda incelenmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı çeşitli ürün artıklarının, tarla tozu ve kirinin üründen yıkanıp temizlenmesine olanak sağlamasıdır. Ayrıca soğutma suyuna klor ve iyot çözeltileri gibi bazı kimyasal maddelerin katılmasıyla ürün yüzeyindeki zararlı bakterilerin yok edilmesi sağlanmaktadır. Daldırma yöntemi ile soğutma, ürünün soğuk ya da buzlu suya daldırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde ya ürünün üzerine delikli tavalardan bol miktarda soğuk su gönderilmekte ya da paketlenmiş veya ambalajsız ürün soğuk suyun içine daldırılmaktadır. Burada ürün ya sabit konumda tutulmakta ya da hareketli bant üzerinde hareket ettirilmektedir. Daldırma yöntemi ile soğutma işlemleri hızlı ve etkin bir ön soğutma yöntemidir. Yöntem uygun şekilde kullanılırsa düzenli ön soğutma sağlanabilmektedir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, su kullanımının fazla miktarda olması ve ürünün soğutulmasından sonra geriye kalan suyun atık su niteliğini taşımasıdır. Suyla ön soğutmanın diğer yöntemi olan püskürtme ile soğutma yöntemi ise suyun ürünün üzerine küçük çaplı memeler aracılığıyla pülverize edilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde, basınçlı su ile duşlama şeklinde soğutma yapılabildiği gibi düşük basınçlı su ile memelerden püskürtme sağlanarak sisleme şeklinde de soğutma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Suyla ön soğutma yönteminin en büyük avantajı, sistemde kullanılan suyun bir geri dönüş pompasıyla tekrar depoya gönderilmesine olanak sağlamasıdır. Ayrıca soğuk su kaynaklarıyla yapılan ön soğutma işlemleri de suyla ön soğutma yöntemleri arasında sayılabilmekte ve soğuk su kaynakları hem daldırma hem de püskürtmeli soğutma sistemlerinde kullanılabilir. 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.

Tarımsal ürünlerin soğutulmasında kullanılan bir diğer yöntem ise vakumla ön soğutma yöntemidir. Sıvılar, atmosfer basıncı altındaki düşük basınçlarda, düşük sıcaklık değerlerinde buharlaşabilme özelliğine sahiptirler. Normal atmosfer basıncı altında su 100°C’de kaynarken, vakum tankında, atmosfer basıncının çok daha altındaki basınçlarda çok daha düşük sıcaklıklarda kaynamaktadır. Suyun (sıvıların) her basıncı karşılayan bir kaynama sıcaklığı vardır. Buharlaşan her madde, buharlaşma enerjisini kendi ortamından aldığı için bulunduğu ortamın soğumasına neden olmaktadır. Vakumla soğutma tekniği, ürünün bünyesinde bulunan suyun buharlaştırılması ile ürün sıcaklığının hızlı bir şekilde azalması prensibine dayanmaktadır (Brossnan ve Sun 2003). Bu teknik soğutulan üründe bulunan suyun gizli (buharlaşma) ısısının materyalden uzaklaştırılması ve bunun sonucunda materyalin bünyesinde bulunan su sıcaklığının hızlı bir şekilde azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Soğutma sistemindeki basıncın sürekli olarak azalması ile materyalin bünyesindeki buharlaşmanın sürekli olması sağlanmaktadır. Vakumla soğutma işlemi sırasında, materyalin bünyesinde serbest halde bulunan su, kaynama noktasına yakın bir sıcaklık değerinde buharlaşmaktadır (Dostal ve Petera 2004). Ürün vakuma maruz bırakıldığında, ürünün 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. 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, b, McDonald ve ark 2000, 2001, McDonald ve ark. 2002, Sun ve Wang 2004, Wang ve Sun 2001, 2002a, b, 2004). Vakumla soğutma sırasında üründe meydana gelen her 5-6°C’lik sıcaklık düşüşü ürünün bünyesinde yaklaşık %1’lik bir ağırlık kaybına neden olmaktadır (Haas ve Gur 1987). Tarımsal ürünlerde oluşan bu ağırlık kaybı ürünün yapısal özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır (Brosnan ve Sun 2003). Soğutma çemberine konulmadan önce ürüne su püskürtülmesi ile tarımsal ürünlerde oluşan ağırlık kaybı en alt seviyeye indirilebilmektedir (Brosnan ve Sun 2001). Ancak ürüne gereğinden fazla su püskürtülmesi, materyalin bünyesinde bozulmalara ve hastalık riskinin artması gibi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Ürünlerin vakum çemberine konulmadan önce çok az

miktarda ön ıslatılması tekniği, soğutma hızının düşürülmesinde ve ağırlık kaybının azaltmasında etkili bir yöntemdir (Brosnan ve Sun 2003).

Bu çalışmada havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulmak üzere karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve enginar bitkileri kullanılmıştır. Bu bitkilerden ıspanakla ilgili olarak dünya literatüründe bazı ön soğutma çalışmalarına rastlanmıştır. Ancak literatürde yer alan bu çalışmalarda ön soğutmanın bazı özellikleri yüzeysel olarak verilmiştir. Ispanağın deney materyalleri arasına alınmasının nedeni yapılan çalışmalardan elde edilen verilerin literatür değerleri ile karşılaştırılmasıdır. Araştırmada kullanılan karalahana, pazı, semizotu, bakla ve enginardan oluşan diğer ürünler ülkemize özgü ürünlerdir ve dünya literatüründe bu ürünlerle ilgili olarak ön soğutma çalışmalarına rastlanmamıştır. Çalışmada kullanılan tüm tarımsal ürünler ekiliş alanı ve üretim miktarı açısından ülkemizde oldukça yüksek paya sahip ürünlerdir. Çalışmada ele alınan tarımsal ürünlere ilişkin ekiliş alanı, ürün miktarı gibi bazı değerler Ek-1'de verilmiştir (<http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>).

Bu çalışmanın amacı; I) ön soğutulacak olan enginar, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve karalahananın tanımlanabilmesi ve soğutma karakteristiğinin belirlenebilmesi için genişlik, kalınlık, uzunluk, yüzey alanı, yuvarlaklık oranı, ağırlık, hacim, özgül ağırlık, nem, kül miktarı, sertlik ve renk kriterleri gibi bazı teknik özelliklerinin belirlenmesi, II) enginar, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve karalahananın havayla, suyla ve vakumla ön soğutulmasının sağlanması, III) ön soğutma sırasında meydana gelen sıcaklık düşüşü, ağırlık kaybı, enerji tüketimi, basınç azalması gibi işletim parametrelerinin ölçülmesi, IV) ürünlerin ön soğutma işlemlerinden sonra bir kısmının kontrollü atmosfer odasında bir kısmının ise pazar koşullarında bekletilerek dayanma sürelerinin kontrol edilmesi, genel görünüm, ağırlık kaybı, bozulma oranı ve renk değerlerinin saptanması, V) soğutma işlemleri sırasında soğutma sistemlerinde oluşan soğutma yüklerinin hesaplanması ve termodinamik analizlerinin belirlenmesi, VI) çalışmada kullanılan bahçe ürünleri için en uygun soğutma yönteminin belirlenmesidir.

1. KAYNAK ÖZETLERİ

WARD (Anonim) “Taze sebzelerin hızlı soğutulması” adlı çalışmasında, soğutma süresi, ürünün cinsi, verim, paketleme tipi ve soğutma sonrası üründe istenen sıcaklık derecesi gibi parametreleri göz önünde tutarak çalışmada kullanacağı soğutma yöntemlerini belirlemiştir. Çalışmada suyla, vakumla, havayla ve nemli havayla ön soğutma yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan dört farklı soğutma yöntemi her ürün için denenmiş ve bazı sebzeler için en uygun ön soğutma yöntemi Çizelge 1.1’de verilmiştir (http://www.henlock.co.uk/Fresh_Produce_Cooling.pdf).

Çizelge 1.1. Ön soğutma yöntemlerinin bazı tarımsal ürünlere uygunluk derecesi

Ürünler	SÖS	VÖS	HÖS	NHÖS
Kuşkonmaz	***	*	**	**
Yeşil fasulye	**	*	*	***
Brüksel Lahanası	*	**	*	***
Pancar	**	●	*	***
Lahana-Yaprak	*	***	*	***
Lahana-Göbek	●	●	**	***
Havuç	***	●	*	**
Karnıbahar	*	*	*	***
Kereviz	**	***	*	**
Dolmalık Kabak & Sakız Kabağı	●	●	**	***
Pırasa	***	*	**	***
Marul – Göbek & Taze	●	***	*	**
Soğan – Kuru	●	●	***	●
Soğan – Taze	***	**	*	**
Yabani Havuç	***	●	*	**
Bezelye – Kabuklu	**	*	*	***
Taze Patates	●	●	**	***
Turp	***	●	*	*
Mısır	*	**	*	***
Su Teresi	***	●/*		

*** En Uygun Yöntem; ** Uygun Yöntem; * Çok Az Uygun Yöntem; ● Uygun Olmayan Yöntem
SÖS: Suyla Ön Soğutma, VÖS: Vakumla Ön Soğutma,
HÖS: Havayla Ön Soğutma, NHÖS: Nemli Havayla Ön Soğutma

GORINI ve ark. (1974) “marulun ön soğutulması için bazı denemeler” adlı çalışmalarında, marulu suyla, vakumla ve havayla ön soğutmuşlar; soğutma zamanı açısından en kısa yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu, bunu sırasıyla suyla ve basınçlı havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediğini tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, farklı yöntemlerle soğutulan marulları, üç gün boyunca 7°C de nakliye şartlarında ve üç gün boyunca 10 ve 18°C de satış koşullarında muhafaza

etmişler; hem satış hem de nakliye koşullarında belirlenen kalite parametreleri açısından marulun soğutulmasına en uygun yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu saptamışlardır (http://www.actahort.org/books/38/38_37.htm).

NELSON (1978) “ön soğutma - sofrta üzümünün satış kalitesindeki önemi” adlı çalışmasında, sofralık tatlı üzümlerde hasat işleminden hemen sonra materyaldeki yüksek sıcaklık nedeniyle ürünlerde su kaybı ve çürümenin oluştuğunu bildirmiştir. Sıcaklığın hızlı bir şekilde 0.5°C’ye düşürülmesi ile materyalde oluşan su kaybı ve çürüme azalmıştır. Çalışmada hasat ve nakliye sırasında ürünlerde kahverengimsi lekelenmelerin oluştuğu, ürünlerin pörsüdüğü, saplarn inceldiği, saplardan yumuşak meyvelerin döküldüğü, ürünlerde sertlik azalması oluştuğu, renk kaybı meydana geldiği ya da yumuşak meyvelerin pörsüyüp sarktığı tespit edilmiştir. Ayrıca meydana gelen bu olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için ürünler bazında en uygun soğutma tekniğinin seçilmesinin önemi bildirilmiştir. Vakumla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin, üzümün ön soğutulmasına uygun yöntemler olmadığı, havayla ön soğutma yönteminin ise üzümün soğutulmasında etkin bir soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Ayrıca havayla ön soğutma yönteminin üzüme benzer diğer yumuşak meyvelerin ön soğutulmasında da güvenle kullanılabilir bir soğutma yöntemi olduğu belirtilmiştir.

HAAS ve GUR (1987) “marulun vakumla soğutulma yöntemi ile soğutulmasında soğutma parametrelerinin belirlenmesi” adlı çalışmalarında, soğutma işleminden önce marulların PVC filmle kaplanmasının soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğunu saptamışlardır. Çalışmada marulun vakumla soğutma zamanı 25 dakika olarak tespit edilmiş ve vakum soğutma sistemde dört paletli bir ticari vakum soğutucu, üç vakum pompası ve iki kompresör kullanılmıştır. Çalışmada basınç, vakumlama hızı, soğutma ünitesinin kapasitesi, marul yaprak ve sap kısmının sisteme giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.

ADAS (1989) “bahçe ürünlerinin hızlı soğutulması; sistem seçiminde kılavuz” adlı çalışmasında suyla ön soğutma, vakumla ön soğutma, havayla ön soğutma ve nemli havayla ön soğutma yöntemleriyle bazı bahçe ürünlerinin ön soğutulmuştur. Çizelge 1.2’de kullanılan dört farklı ön soğutma yönteminin avantaj ve dezavantajları, Çizelge 1.3’de ise çalışmada kullanılan soğutma yöntemleri, soğutma süresi, işlem seviyesi, ağırlık kaybı, soğutmadaki risk ve güç gereksinimi parametreleri göz önüne alınarak birbiriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. (<http://www.garlicworld.co.uk/grower/cooling/index.html>).

Çizelge 1.2. Farklı soğutma yöntemleriyle soğutma işleminin avantaj ve dezavantajları

	Avantajları	Dezavantajları
Suyla Ön Soğutma [Soğutma Süresi (20-40 d)]	<ul style="list-style-type: none"> • Hızlı soğutma sağlar • Ağırlık kaybı oluşmaz. • Soğutma işlemi süreklidir. • Ürünün donma tehlikesi yoktur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ürün ıslanır. • Ürünün bünyesinde oluşan bozulmaların ürüne yayılma hızı artar. • Soğutma sırasında oluşan fazlalık suyu kontrol altına almak güçtür. • Suyun drenajı ve sistemden çıkışının sağlanması için boşaltma deliklerinin uygun bir şekilde tasarlanması gerekir. • Suya dayanıklı ambalaj ve taşıma kaplarına gerek duyulur.
Vakumla Soğutma [Soğutma Süresi (20-40 d.)]	<ul style="list-style-type: none"> • Ambalajlı ürünler soğutulabilir. • Hızlı soğutma sağlanır. • Sistemin işletimi basittir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Yöntem az fakat önemli bir ağırlık kaybına neden olur. • Bir dizi işleme ihtiyaç vardır. • Yüksek güç gereksinimi vardır. • Soğutma sırasında ürünün tümü ya da bir kısmı donabilir.
Havayla Soğutma [Soğutma Süresi (2 ½ saat)* (24 saat)**]	<ul style="list-style-type: none"> • Uygun soğutma sağlanır. • Depolamaya uygunluk sağlar. • Mukavva kutular kullanılabilir. • Orta seviyede güç gerektirir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orta seviyede ağırlık kaybı oluşur. • Ürünün donma tehlikesi vardır. • Deneyimi bir operatöre gereksinim vardır. • Uygun olmayan bir havalandırma ile soğutma işlemi yavaş ve değişken olur.
Nemli Havayla Soğutma [Soğutma Süresi (2-8 saat) *** (10-17 saat)****]	<ul style="list-style-type: none"> • Ağırlık kaybı minimum düzeydedir. • Soğutma hızı orta seviyededir. • Ürün donmaz. • Büyük hacimli kutular kullanılabilir. • Uygun soğutma sağlanır • Depolamaya uygunluk sağlar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambalajlanmış ürünlerin soğutulmasına uygun olmayan bir soğutma yöntemidir. • Farklı boyuttaki paketlerin soğutulması güçtür. • Paketlenmiş ürünlerde neme direnç oluşur. • Deneyimi bir operatöre gereksinim vardır. • Soğutma sürecini kontrol altına almak güçtür. • Havalandırma seviyesinin optimizasyonunu sağlamak güçtür.

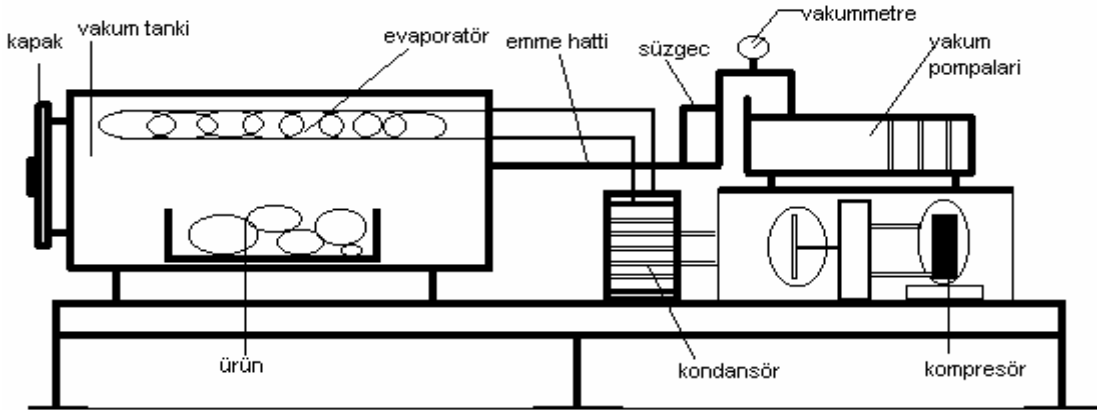
* Yumuşak meyveler; ** Sebzeler; *** Yumuşak meyveler ve salata olarak yenen sebzeler;**** Sebzeler

Çizelge 1.3. Farklı soğutma tekniklerinin karşılaştırılması

Parametreler	Soğutma Yapan Sistemler		Soğutma ve Depolama Sistemleri	
	SÖS	VÖS	BHÖS	NHÖS
Soğutma süresi	20-40 min	20-40 min	2½ saat * 24 saat **	2-8 saat *** 10-17 saat ****
İşlem seviyesi	Basit	Basit	Karmaşık	Karmaşık
Ağırlık kaybı	Yok	Az/Etkili	Orta	Minimum
Soğutma riski	Hasarlanma	Donma	Donma	Yok
Güç gereksinimi	Yüksek/Karlı	Yüksek	Orta	Yüksek/Karlı

* Yumuşak meyveler; ** Sebzeler;
 *** Yumuşak meyveler ve salata olarak yenen sebzeler; **** Sebzeler
 SÖS: Suyla Ön Soğutma, VÖS: Vakumla Ön Soğutma,
 BHÖS: Basınçlı Havayla Ön Soğutma, NHÖS: Nemli Havayla Ön Soğutma

IŞIK (1994) “vakum-soğutma sistemlerinde işletim ve tasarım parametrelerinin belirlenmesine yönelik model çalışması” adlı doktora çalışmasında, vakumla ön soğutma yönteminin işletim ve tasarım parametrelerini belirlemiştir. Bu amaçla, sisteme ilişkin matematiksel model oluşturmuş ve model aracılığıyla elde edilen sonuçlarla deneme sonuçlarını karşılaştırmıştır. Denemeler sonucunda, bünyelerindeki suyu daha rahat verebilmelerinden dolayı, özgül hacim değerleri fazla olan ürünlerin ağırlık kayıp oranlarının fazla olmasına karşın, diğer ürünlere kıyasla vakumla ön soğutmaya daha uygun oldukları ve ürünlerin ıslatıldıktan sonra PVC filmle kaplanarak soğutulmalarının ağırlık kaybını azaltıcı bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Çalışmada baş lahana, karnıbahar, ıspanak, baş salata ve marulun vakumla ön soğutulmasına çalışılmıştır. Belirlenen ürünlerin vakumla ön soğutulması amacıyla, laboratuvar tipi bir vakumla ön soğutma deneme düzeneği geliştirilmiştir. Düzeneğin şematik görünümü Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Laboratuvar tipi vakumla ön soğutma deneme düzeneği (Işık 1994)

GAST ve FLORES (1991) “ meyve ve sebzelerde ön soğutma” adlı çalışmalarında, soğuk odada ön soğutma, havayla ön soğutma, suyla ön soğutma, paket buzlama ve vakumla ön soğutma yöntemlerinden oluşan beş farklı ön soğutma yöntemini tanımlamışlardır. Çalışmada açıklanan ön soğutma yöntemleri kullanılarak bazı meyve ve sebzelerin soğutulmasına çalışılmıştır. Çizelge 1.4’de yapılan çalışmanın sonuçları verilmiştir (<http://www.oznet.ksu.edu/library/hort2/mf1002.pdf>).

Çizelge 1.4. Bazı meyve ve sebzelerin soğutulmasına en uygun ön soğutma teknikleri

ÜRÜNLER	Ön Soğutma Yöntemleri				
	SOOS	HOS	SOS	PB	VOS
Kuşkonmaz			•	•	
Yeşil fasulye	•	•	•		
Kuru fasulye	•	•	•		
Pancar	•				
Brokoli		•	•	•	
Bürüksel lahanası			•	•	•
Lahana	•	•			
Havuç	•			•	
Karnabihar			•		•
Mısır			•	•	•
Hıyar		•	•		
Patlıcan	•	•			
Yeşil sebzeler			•	•	•
Nane	•				
Marul			•	•	
Kavun		•	•	•	
Bamya	•	•			
Yeşil soğan			•	•	
Bezelye		•	•		
Biber	•	•			
Patates	•	•			
Balkabağı				•	
Ravent	•	•			
Ispanak			•	•	
Kabak	•	•			
Domates	•	•			
Şalgam	•		•	•	•
Elma	•	•	•		
Kayısı	•		•		
Yumuşak meyveler	•	•			
Kiraz		•	•		
Üzüm		•			
Nektarin		•	•		
Şeftali		•	•		
Armut	•	•	•		
Erik		•	•		

SOOS: Soğuk Odada Ön Soğutma, HÖS: Havayla Ön Soğutma,
SÖS: Suyla Ön Soğutma, PB: Paket Buzlama, VOS: Vakumla Ön Soğutma

SULLIVAN ve ark.(1996) “ön soğutma; taze sebzelerin satış kalitesini artıran anahtar faktör” adlı çalışmalarında, bazı tarımsal ürünleri çeşitli ön soğutma yöntemleriyle soğutmaya çalışmışlardır. Ürünler bazında en uygun ön soğutma yöntemleri belirlenmiştir. Çalışmada ön soğutmanın depolama ömrünü yaklaşık 7-14 gün artırdığı saptanmıştır. Çalışmanın sonuçları Çizelge 1.5’de özetlenmiştir (<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-521.html>).

Çizelge 1.5. Bazı tarımsal ürünlere uygun ön soğutma yöntemleri

Ön Soğutma Metodu	Tarımsal Ürünler	Yorumlar
Suyla Ön Soğutma	Çoğu lifli sebzeler, meyveler ve meyve tipindeki sebzeler, mısır ve tane fasulye	<ul style="list-style-type: none"> • Çok hızlı ve üniform soğutma sağlanır. • Ürün paketleri içinde ve paketleri taşıyan konteynırlar arasında soğutma açısından çok çeşitlilik oluşur. • Sistemin günlük temizliği aksatılmamalıdır. • Sağlık ölçütlerine uyulmalıdır. • Ürün belli sınırlar arasında ıslatılmalıdır. • Soğutulmuş ürünün paketlenmesinde su geçirgenliği iyi olan paketler kullanılmalıdır.
Basınçlı Havayla Ön Soğutma	Çoğu meyveler, yumuşak meyveler, meyve tipindeki sebzeler, yumrulu bitkiler, soğutma sırasında zedelenmeyen sebzeler	<ul style="list-style-type: none"> • Soğuk odada ön soğutma yönteminden daha hızlı ön soğutma sağlar. • Üniform bir soğutma oranı sağlanır. • Ürünlerin konulduğu kutulara açılan hava deliklerinin iyi ayarlanması gerekir. • Ürün yığınlarının uygun bir şekilde düzenlenmesi gerekir. • Ekonomik ve etkin bir ön soğutma yöntemidir.
Paket Buzlama İle Ön Soğutma	Çoğu sebzeler	<ul style="list-style-type: none"> • Hızlı bir şekilde ön soğutma sağlanır. • Su-buz oranının iyi ayarlanması gerekir. • Ürünün konulduğu kutuların suya dayanıklı olması gerekir. • Ekonomik ve etkin bir ön soğutma yöntemidir.
Soğuk Odada Ön Soğutma	Tüm tarımsal ürünler	<ul style="list-style-type: none"> • Çabuk bozulan ürünler için çok yavaş kalan bir soğutma yöntemidir. • Ürün paketleri içinde ve paketleri taşıyan konteynırlar arasında soğutma açısından çok çeşitlilik oluşur.
Vakumla Ön Soğutma	Lifli sebzeler, göbekli marul	<ul style="list-style-type: none"> • Etkin bir soğutma için önemli bir parametre olan kütle-yüzey oranı açısından elverişli bir ön soğutma yöntemidir. • Her 6°C’lik sıcaklık düşümü için %1’lik bir ağırlık kaybına yol açar. • Oluşan ağırlık kaybını engellemek için ürünlere soğutmadan önce su püskürtülür ya da ürünler suya daldırılır. • Soğutma ekipmanları oldukça pahalıdır. • Soğutma sırasında suya dayanıklı ambalajların kullanılması gerekir.

HOUŠKA ve ark. (1996) “ sıvıların vakumla soğutulması işleminin matematiksel modeli” adlı çalışmasında, sıvı gıdaların vakumla soğutulması sırasında oluşan

sıcaklıkların önceden tahmin edilmesine yarayan bir model geliştirmiştir. Model, soğutma sistemi içindeki hava girişini matematiksel olarak tanımlamaktadır. Çalışma, 500 L yoğurdun içine meyve-şeker karışımı ve su katılarak yapılmıştır. Kullanılan model, basınç-zaman ilişkisini, materyal sıcaklığını ve yoğuşan buharın kütlesini tahmin etmeye yaramaktadır. Model aracılığıyla tahmin edilen basınç değeri ile ölçülen basınç değeri arasındaki fark 19 kPa değerini geçmemiştir. Ölçülen ve model aracılığıyla tahmin edilen sıvı sıcaklığı arasındaki fark ise 7°C yi aşmamıştır. Çalışmada ölçülen ve tahmin edilen yoğuşan buhar kütlesindeki değişimin 5 kg sınırları içinde gözlemlendiği bildirilmiştir.

LAMBRINOS ve ark. (1997) “kivinin havayla ve suyla ön soğutulması” adlı çalışmalarında kiviye havayla ve suyla ön soğutmuşlar ve her iki yöntemin soğutma süresini belirlemişlerdir. Suyla ön soğutmanın havayla ön soğutmaya göre daha hızlı bir ön soğutma tekniği olduğunu; havayla ön soğutulmuş kivinin soğutma sonrası belirlenen renk, genel görünüm ve bozulma oranı gibi kalite parametrelerinin suyla ön soğutulmuş kiviye oranla daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir (http://www.actahort.org/books/444/444_86.htm).

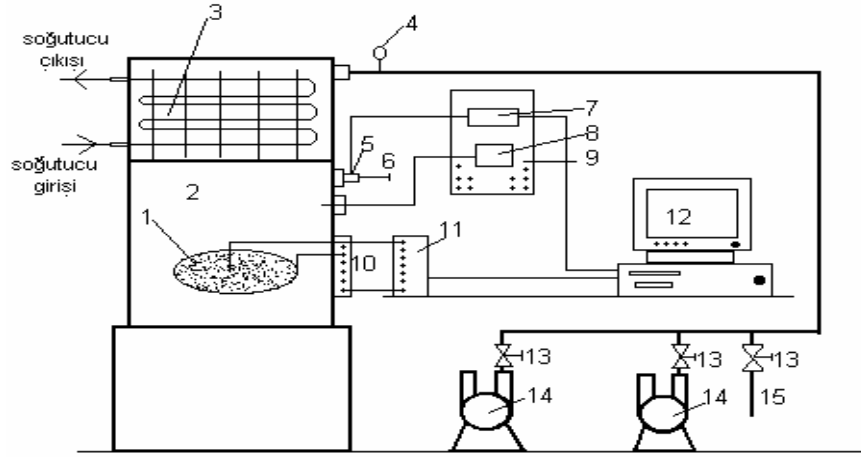
MARTÍNEZ ve ARTÉS (1999) “paketleme ve vakumla soğutmanın, kışlık göbekli marulun kalitesine olan etkisi” adlı çalışmalarında, kışlık göbekli marulların üst yüzeylerini 22, 25, 30 ve 40µm kalınlığında polipropilen film kullanarak kaplamışlardır. Çalışmada, içinde göbekli marulların bulunduğu ambalajların bir kısmı üzerine delik açılarak, bir kısmı ise üzeri delinmeden vakumla ön soğutulmuştur. Soğutma sonrasında ürünler, ilki, iki hafta boyunca 2 °C’de soğutma; ikincisi ise, iki hafta boyunca 2 °C’de soğutma ve 2.5 gün 12°C’de soğutma işlemlerinin toplamından oluşan iki ayrı soğutma periyodu kullanılarak depolanmıştır. Çalışmada, ambalajların üzeri delinerek ya da delinmeden yapılan kombinasyonlar kullanılarak beş farklı paketleme şekli oluşturulmuştur. Vakumla soğutmanın, uygulanan beş farklı paketleme yönteminde de etkin olduğu saptanmıştır. Çalışmada materyalde oluşan ağırlık kaybı, üründe meydana gelen solgunluk derecesi, fizyolojik bozulmalar, bakteriyel çürüme ve ürünün kalitesi gözlemlenmiştir. Çeşitli ambalajlama yöntemlerinin kullanıldığı tüm denemelerde

vakumla ön soğutmanın hem materyalin pembe yaprak damarlarının küçük oranlarda parçalanmasına hem de ürünün üzerinde kırmızı-kahverengimsi beneklerin oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Delinmemiş ambalajlarda ürünün üst kısımlarında kahverengi lekelerin olduğu ve ana yaprakların zedelendiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda oksijen seviyesinin azaltılması ile daha kaliteli ürünün elde edildiği saptanmıştır. 40 µm'lik polipropilen film kullanılarak ve filmin yüzeyinin delinmesi ile yapılan paketlerde ve 30µm'lik film kullanılarak ve paketin üzeri delinmeden yapılan paketlerde göbekli marulun görünüş kriterlerinin taze ürünün renk kriterlerine yakın düzeyde olduğu belirlenmiştir.

SUN ve BROSNAN (1999) “ hızlı vakum soğutma yöntemiyle kesme nergis çiçeklerinin vazo ömrünün artırılması” adlı çalışmalarında, vakumla soğutmanın yaygın hale getirilmesiyle, çiçekçilik endüstrisinde potansiyel büyük bir ekonomik avantaj sağlanacağı belirtilmiştir. Araştırmada nergis bitkisi vakumla soğutulmuştur. Vakum soğutma yapılan kesme nergis çiçekleri ile soğuk depolanmış kesme nergis çiçeklerinin vazo ömrü karşılaştırılmış; buna göre vakumla soğutulan kesme nergis çiçeklerinin vazo ömrünün soğuk depolanan kesme nergis çiçeklerine göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Çalışmada vakumla soğutma yönteminin, kesme çiçeklerin vazo ömrünün artırılmasındaki en uygun ön soğutma yöntemi olduğu açıklanmıştır. Vakumla soğutmadan önce materyale su püskürtülmesiyle, hem soğutma zamanı hem de ağırlık kaybı azaltılmıştır. Yapılan çalışmada, kesme çiçeklerde oluşan ağırlık kaybının kesme çiçeklerin görsel kalitesini olumsuz bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır.

SUN ve WANG (2000) “pişmiş etin farklı soğutma metotları ile soğutulmasındaki ısı transfer karakteristikleri” adlı çalışmalarında, pişmiş etin dört farklı yöntem kullanılarak soğutulmasında oluşan soğutma oranı ve ısı transfer karakteristiklerini belirlemişlerdir. Çalışmada, vakumla, suyla, yüksek ve düşük basınçlı havayla ön soğutma yöntemleri kullanılmıştır. İlk sıcaklıkları 74°C olan pişmiş et parçalarının merkez sıcaklığı 10°C'ye ulaşınca dek vakumla soğutulmasındaki soğutma zamanı 2.5 saat olarak belirlenmiş, soğutma zamanı açısından en kısa yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla suyla, yüksek ve düşük basınçlı havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Vakumla soğutma sırasında soğutma ve ısı transfer oranı istenen düzeyde bulunurken, suyla,

yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutma yöntemlerinde yüksek soğutma oranlarının oluştuğu belirlenmiştir. Şekil 1.2’de çalışmada kullanılan vakumla soğutma sisteminin şematik görünüşü verilmiştir.



Şekil 1.2. Vakumla soğutma sisteminin şematik görünüşü: 1. ürün; 2. vakum tankı; 3. kondanser; 4. basınç göstergesi; 5. basınç transformatörü; 6. boşaltma supapı; 7. basınç ayarlayıcı (regülötör); 8. sıcaklık ayarlayıcı (termostat); 9. kontrol paneli; 10. termo-eleman çifti; 11. Dataloger (veri toplama cihazı); 12. bilgisayar; 13. vakum valfi; 14. vakum pompası; 15. havalandırma deliği.

McDONALD ve SUN (2000) “ gıda işleme endüstrisinde vakumla soğutma teknolojisinin kullanımı” adlı çalışmalarında, vakum soğutma tekniğinin bazı sebze ve gıdaların hızlı bir şekilde soğutulmasında kullanılan bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Vakumla soğutma yönteminin yaygın hale gelebilmesi için imalatçıların, bu sistemin kaliteli ve güvenli soğutma sağladığına ikna edilmesinin gerekliliği bildirilmiştir. Çalışmada, soğutulmuş ürünün kalitesi, enerji tüketiminin az oluşu, ürünün depolanma süresinin artmasına olanak sağlaması ve soğutma süresinin kısalığı gibi nedenlerden dolayı vakumla soğutma tekniğinin avantajlı bir soğutma tekniği olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada vakumla soğutma tekniğinin, genellikle marul, mantar, et, pişirilmiş ürünler, meyve ve sebzelerin soğutulmasında kullanıldığı ve bu tekniğin gıda ve sebze üretim endüstrilerinde daha rekabet edilebilir düzeyde ve daha yaygın olarak kullanılmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur.

McDONALD ve ark. (2000) “pişmiş sığır etinin soğutulmasında geleneksel soğutma yöntemleriyle vakumla soğutma yönteminin ürün kalitesi açısından karşılaştırılması” adlı çalışmalarında, daha önceden pişirilmiş ve tuğla şeklinde preslenmiş et parçalarına

tuzlu su enjekte etmişler ve bu materyalleri vakumla, suyla, yüksek ve düşük basınçlı havayla ön soğutmuşlardır. Örnekler 80°C'lik fırında ürünün merkez sıcaklığı 70°C'ye ulaşınca dek pişirilmiş, ardından merkez sıcaklığı 4°C'ye ulaşınca dek vakumla, suyla, yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutulmuştur. Çalışmada, vakumla soğutmanın 2.8 saat değeri ile en hızlı soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla 8 saat değeri ile yüksek basınçlı havayla, 10.3 saat değeri ile düşük basınçlı havayla ve 14.2 saat değeri ile suyla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiği bildirilmiştir. Vakumla soğutmanın uygulandığı örneklerde soğutma kayıplarının yüksek olduğu, suyla soğutulan örneklerin ise diğer örneklere göre daha sulu ve yumuşak olduğu, buna ilave olarak tuğla şeklinde birleştirilen etlerin birbirine daha iyi yapıştığı saptanmıştır. Vakumla soğutma yöntemiyle elde edilen örneklerin renk özellikleri kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Ancak renk açısından en kötü yöntemin düşük basınçlı havayla soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Soğutulan örneklerin tat ve genel görünüm gibi kalite parametrelerinin de benzer şekilde olduğu belirlenmiştir.

DeELL ve ark. (2000). "hasat edilmiş hıyarın suyla ön soğutulmasındaki su sıcaklığının depolama sırasında oluşan bozulmalarla olan ilişkisi" adlı çalışmalarında, hasat sıcaklığı 20°C nin üstünde olan hıyarın (*Cucumis sativus* L.) merkez sıcaklığı 12°C ye ulaşınca dek suyla ön soğutmuşlar ve suyla ön soğutma deneylerinde sıcaklıkları 1.5, 3, 5, 6, 8 ve 10.5°C olan 5 farklı su sıcaklığını kullanmışlardır. Ön soğutulan hıyarları 10°C sıcaklıktaki soğuk hava deposunda 10-12 gün boyunca bekletmişler, genel görünüm ve bozulma oranı açısından en uygun suyla soğutma sıcaklığının 6°C olduğunu tespit etmişlerdir.

NIYOMLAO ve ark. (2000) "çin lahanasının (*Brassica albograba* L.) plastik kutularda paketlemenin ve suyla soğutmanın depolama ömrüne etkisi" adlı çalışmalarında, lahanayı 1, 5 ve 10°C sıcaklığındaki suyla ön soğutmuşlar, ön soğuttukları lahanalar ile ön soğutma yapılmamış lahanaları 16 gün boyunca 10°C sıcaklıkta depolamışlardır. Depolama işlemi sonunda kalite parametreleri açısından en uygun suyla soğutma sıcaklığının 5°C olduğunu tespit etmişlerdir (<http://www.aciar.gov.au/system/files/node/2140/pr100chapter7.pdf>).

TERUEL ve ark. (2001) “üç farklı soğutma yöntemi kullanılarak portakalın soğutulmasında bir karşılaştırma çalışması” adlı çalışmalarında, portakalı (*Citrus sinensis* osbeck), basınçlı havayla, suyla ve soğuk hava deposunda ön soğutmuşlardır. Suyla ön soğutma yönteminin 57 dakika ile soğutma zamanı açısından en kısa yöntem olduğunu, bu yöntemi sırasıyla 170 dakika ile basınçlı havayla ön soğutma yönteminin ve 460 dakika ile soğuk hava deposunda ön soğutma yönteminin izlediğini belirlemişlerdir.

VARSZEGI (2001) “ bahçe ürünleri için soğutma metotlarının modellenmesi” adlı çalışmasında, çeşitli bahçe ürünlerini basınçlı nemli havayla, suyla ve vakumla ön soğutmuş; soğutma süresi açısından en kısa yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla suyla ve basınçlı nemli havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediğini belirtmiştir (http://www.actahort.org/books/566/566_71.htm).

BROSNAN ve SUN (2001) “zambak bitkisinin vakumla ön soğutulmasında meydana gelen su kaybının belirlenmesi” adlı çalışmalarında, bahçecilik ürünlerinde hasat işleminden sonra doğal sınırlar içerisinde bir ağırlık kaybının meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, beyaz zambak çiçeğinin vakumla soğutulmasıyla oluşan ağırlık kaybının, soğutma işlemi sırasında çiçeklerin üzerine yeterli miktarda su püskürtülmesiyle belirgin bir şekilde azaldığı ve kesme çiçeklerin üzerine püskürtülen su sıcaklığının düşük olmasının gerekliliği bildirilmiştir.

WANG ve SUN (2001) “vakumla soğutma teknolojisinin gözenekli ve nemli gıdaların hızlı bir şekilde soğutulmasında kullanılması” adlı çalışmalarında, vakum soğutma ile et gibi nemli ve gözenekli gıdaların hızlı bir şekilde soğutulmasının olanaklı olduğunu, ayrıca vakumla soğutma işleminin yapılabilmesi için özel soğutma elemanlarının kullanılmasının gerekliliğini bildirmişlerdir. Çalışmada, meyve ve sebzelere hasat sonrasında vakumla ön soğutma yapılmasının, meyve ve sebzelerin dolap ömrünü artırdığı, ayrıca pişmiş ve sıvı gıdaların vakumla soğutulması ile soğutma zamanının belirgin bir şekilde kısaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada, balıkçılık endüstrisinde, pişmiş etlerde ve hazır gıdalarda vakumla soğutma ile hem

hızlı bir soğutma işlemi sağlanacağı, hem üretimin kalitesinin korunacağı, hem de ürün içerisindeki mikroorganizma faaliyetlerinin kontrol altına alınacağı bildirilmiştir.

McDONALD ve SUN (2001b) “vakumlama hızının pişmiş sığır eti üretiminin vakumla soğutulmasına olan etkisi” adlı çalışmalarında, vakumlama hızının, yüzde kütle kaybı başına sıcaklık azalmasına, üründeki sıcaklık dağılımına ve üretim süreci sonunda elde edilen ürünün kalite parametrelerine olan etkisini araştırmışlardır. Ele alınan örnekler laboratuarda bir vakum soğutucu aracılığıyla 72°C’den 4°C’ye kadar soğutulmuştur. Altı farklı basınç düşüm hızının kullanıldığı çalışmada, en hızlı vakum soğutma işlemi 150 dakikadan daha kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Geleneksel soğutma yöntemlerinde, vakumla soğutma işlemine göre ısı kaybının yüksek, toplam üretim kapasitesinin ise düşük olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, vakumla soğutma işleminde düşük basınç düşüm hızının uygulanması ile toplam üretim kapasitesinin artırıldığını, ısı kaybının ise en az düzeye indirildiğini göstermiştir. Ancak düşük basınç düşüm hızının uygulanması ile soğutma süresinin uzadığı belirtilmiştir.

McDONALD ve ark. (2001) “pişmiş sığır eti üretiminde enjeksiyon seviyesinin hızlı bir vakum soğutmanın kalitesine olan etkisi” adlı çalışmalarında, daha önceden pişirilmiş sığır etlerinin yüzeyine tuzlu su enjekte edilerek vakumla soğutulması işlemi ile, sığır etlerinin suya daldırılarak soğutulması işlemi arasında soğutma etkinliği açısından bir karşılaştırma yapmışlardır. Örnekler 82°C’lik fırında ürünün merkez sıcaklığı 72°C’ye ulaşmaya dek pişirilmiştir. Ardından ürünün merkez sıcaklığı 4°C’ye ulaşmaya dek örneklerin bir kısmı vakumla soğutulmuş, bir kısmı ise suya daldırılarak soğutulmuştur. Bu işlemin sonucunda, vakumla soğutma işleminin 64 dakika gibi hızlı bir sürede gerçekleşmesine karşın, suya daldırarak soğutma işleminin 300 dakikada gerçekleştiği saptanmıştır. Ancak vakumla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı ortalama %10.55 iken suya daldırarak soğutma işleminde %1.88 olarak bulunmuştur. %130’luk enjeksiyon seviyelerinde suya daldırılarak soğutulan örneklerin daha yumuşak ve daha sulu oldukları, buna karşın vakumla soğutulan örneklerin ise tat ve renk özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ancak çok yüksek enjeksiyon uygulaması sonrası soğutulan sığır etlerinde tuzluluk oluştuğu, tat ve görünüş açısından bozukluk meydana geldiği belirtilmiştir.

RENNIE ve ark. (2001a) “farklı vakumlama hızlarının uygulanması ile marulun vakumla soğutulması” adlı çalışmalarında, baş marulun farklı basınç düşüm hızlarında vakumla soğutulması sırasında meydana gelen kütle kaybı, birim kütle kaybı başına sıcaklık azalması, üründe oluşan sıcaklık dağılımı ve soğutma sonunda materyalin merkez, yaprak, yüzey ve ağırlık merkezi gibi çeşitli bölümlerinde ortaya çıkan sıcaklık farklılığı değerlerinden oluşan dört farklı soğutma karakteristiğini saptamaya çalışmışlardır. Laboratuvar tipi bir vakum soğutucunun kullanıldığı sistemde oluşan basınç değerleri, bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Sistemde kullanılan vakum pompası, basıncın yaklaşık olarak 5 dakika 53 saniyede atmosfer basıncından, 3333 Pa (33.33 mbar) basıncına kadar düşmesini sağlamaktadır. Yapılan çalışmada basınç, sırasıyla 15, 30 ve 60 dakikadan oluşan üç ayrı zaman dilimi içinde 3333 Pa (33.33 mbar) değerinden 800 Pa (8 mbar) değerine düşürülmüştür. Basıncın 800 ± 53 Pa (8 mbar) değerine ulaşıncaya dek vakumla soğutma işleminin sürdürülmesi sonunda, marulun sıcaklığının 2.5°C 'ye düştüğü; 667 ± 53 Pa basınç değerine kadar sürdürülen vakum soğutma işleminin sonunda ise materyalde donma belirtilerinin oluşmaya başladığı belirlenmiştir. Materyalde oluşan sıcaklık dağılımını ölçmek amacıyla, soğutulan her marulun orta kısmına, ağırlık merkezine ve ilk yaprakların alt kısmına birer adet olmak üzere toplam üç adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Marulların ağırlığı, soğutma işleminden önce ve sonra olmak üzere iki kez ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçları, basınç düşüm hızının değiştirilmesinin ağırlık kaybında, birim kütle kaybı başına meydana gelen sıcaklık azalmasında ve materyalin bünyesinde oluşan sıcaklık dağılımında herhangi bir değişikliğe yol açmadığını göstermiştir. Ayrıca çalışmada uygulanan üç farklı vakumlama hızının, soğutma karakteristiklerinde hiçbir değişikliğe yol açmadığı, bu nedenle vakumla soğutma sistemlerinde daha küçük kapasiteli vakum pompalarının vakumla soğutma karakteristikleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığı bildirilmiştir.

WANG ve SUN (2002a) “pişmiş etin vakum soğutma modeli-Kısım 1: vakum soğutma sistemlerinin analizi” adlı çalışmalarında, bir vakum soğutucunun performansını tahmin etmek için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada ölçülen sıcaklık ve basınç değerleri ile soğutma modeli aracılığıyla tahmin edilen sıcaklık ve basınç değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca sistemin genel basıncının 12000 ile 2200 Pa arasında olduğu, ölçülen ve model aracılığıyla tahmin edilen basınç

değerleri arasındaki farkın en fazla 110 Pa olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten ölçülen ve model aracılığıyla tahmin edilen zamana bağlı sıcaklık değerleri arasındaki en yüksek değerdeki sapmanın 2 °C'den daha az olduğu bildirilmiştir. Modelin, pişmiş ete benzeyen gıdaların, vakumla soğutulmasında oluşan basınç profilinin tahmin edilebilmesi amacıyla kullanılabilceği bildirilmiştir.

WANG ve SUN (2002b) “pişmiş etin vakum soğutma modeli-Kısım 2: vakumla soğutulmuş pişmiş ette oluşan ısı ve kütle transferi” adlı çalışmalarında, pişmiş etin vakumla soğutulması sırasında oluşan ısı transferi, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir. Çalışmada soğutma işlemi sırasında, ağırlığı 5.3 kg, boyutları ise 310x130x130 mm olan etin küçüldüğü ve fiziksel özelliklerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Deneysel olarak ölçülen sıcaklık değerleri ile model aracılığıyla tahmin edilen sıcaklık değerleri arasındaki maksimum sapmanın 2.5°C yi geçmediği, ölçülen kütle kaybı ile model aracılığıyla tahmin edilen kütle kaybı değerleri arasındaki sapmanın ise %7.5'un üzerinde olduğu saptanmıştır.

LANDFELD ve ark. (2002) “ön pişirilmiş bazı katı gıdaların vakumla ön soğutulmasındaki kütle transferi” adlı çalışmalarında havuç, patates, maydanoz, sığır eti, domuz bifteği ve tavuk filetosunu vakumla soğutmuşlar, soğutma sırasında oluşan kütle transfer katsayısı (kS) ve kütle transfer yüzeyini belirlemişlerdir. Çalışmada her denemedeki ortalama kS değeri kaydedilmiş ve oluşturulan matematiksel modelin vakumla soğutma işleminin kinetiğini doğru olarak tahmin ettiği belirlenmiştir.

DESMOND ve ark. (2002) “enjeksiyon seviyesinin ve soğutma metodunun pişmiş jambon parçalarının kalitesine olan etkisi” adlı çalışmalarında, soğutma metodunun ve enjeksiyon seviyesinin, soğutma hızına, ağırlık kaybına ve pişmiş jambon etlerinin kalite parametrelerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada vakumla ve havayla soğutma yöntemleri ile %20 ve %30'luk iki farklı enjeksiyon seviyesi kullanılmıştır. Başlangıç sıcaklığı 70°C olan pişmiş jambon parçalarının 4°C'ye kadar soğutulması için geçen süre vakumla soğutma yönteminde 2.5 saat, havayla soğutma yönteminde ise 12.5 saat olarak belirlenmiştir. Başlangıç sıcaklığı 70°C olan pişmiş jambon parçalarının 10°C'ye kadar soğutulması için geçen sürenin ise vakumla soğutmada 1.7

saat, geleneksel soğutmada ise 8.0 saat olduğu saptanmıştır. Çalışmada, uygulanan enjeksiyon oranının soğutma hızını etkilemediği bildirilmiştir. Vakumla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı, salamura oranının %20'den %30'a çıkarılmasıyla dengelenmiştir. Çalışmada, %30 oranında salamura şırıngası yapılmış etin vakumla soğutulması sırasında oluşan ağırlık kaybı değerinin, %20 oranında salamura şırıngası yapılmış etin havayla soğutulması sırasında oluşan ağırlık kaybı değerine yakın olduğu belirlenmiştir. Enjeksiyon oranının soğutulmuş etin yumuşaklık, sululuk, tuzluluk, sertlik, esneklik, yapışkanlık, lezzetlilik, renk vb gibi duyumsal özelliklerini etkilemediği, ancak soğutma metodunun duyumsal özellikleri etkilediği belirtilmiştir. Vakumla soğutulmuş jambonun, havayla soğutulmuş jambona göre daha sert ve daha kuru olduğu, ayrıca %30 oranında salamura şırınga edilmiş ve vakumla soğutulmuş jambonun, %20 oranında salamura şırınga edilmiş ve havayla soğutulmuş jambona göre daha az yumuşak ve daha az sulu olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada diğer duyumsal özelliklerin ve kalite parametrelerinin her iki soğutma yöntemi için de benzer sonuçları verdiği belirtilmiştir.

KENNY ve ark. (2002) “ pişmiş et parçalarının hızlı soğutulması” adlı çalışmada, başlangıç sıcaklığı 70°C olan yaklaşık 5-6 kg ağırlığındaki et parçalarını, sıcaklığı 4°C'ye ulaşmaya dek vakumla, yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutma yöntemlerinden oluşan üç farklı soğutma yöntemini kullanarak soğutmuşlardır. Basınç 7-10 mbar değerine ininceye kadar yapılan vakumla soğutmada, soğutma süresi 1.9 saat olarak belirlenmiştir. Sıcaklığı 1°C, hızı ise 2 m s⁻¹ olan yüksek basınçlı havayla soğutulmada soğutma süresi 11.7 saat, sıcaklığı 2°C ve hızı 1 m s⁻¹ olan düşük basınçlı havayla soğutmadaki soğutma süresi ise 14.3 saat olarak ölçülmüştür. Başlangıç sıcaklığı 70°C olan etlerin 10°C sıcaklığa kadar soğutulması için gereken zamanın, vakumla soğutmada 1.3 saat, yüksek basınçlı havayla soğutmada 8.6 saat ve düşük basınçlı havayla soğutmada ise 9.6 saat olduğu belirlenmiştir. Vakumla soğutma işleminin sonunda, başlangıç ağırlığı yaklaşık 5-6 kg olan etlerin %11.3 oranında bir ağırlık kaybına uğradığı belirtilmiştir. Yüksek basınçlı havayla ve düşük basınçlı havayla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı, sırasıyla %4.7 ve %4.4 olmuştur. Çalışmada, vakumla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybının, ete enjekte edilen salamura oranının %20'den %30'a artırılmasıyla dengelendiği bildirilmiştir. Vakumla

soğutulmuş ve %30 oranında salamura enjeksiyonu yapılmış et ile düşük basınçlı havayla soğutulmuş ve %20 oranında salamura enjekte edilmiş etin yiyecek kalitesi açısından birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca %30 oranında salamura enjekte edilmiş ve vakumla soğutulmuş etlerde oluşan ağırlık kaybı ile %20 oranında salamura enjekte edilmiş ve düşük basınçlı havayla soğutulmuş etlerdeki ağırlık kaybı değeri birbirine yakın bulunmuştur. Vakumla soğutmada, etteki salamura seviyesinin artırılması ile soğutma hızının arttığı, ancak farklı salamura seviyelerinde oluşan ağırlık kaybının benzer miktarlarda bulunduğu saptanmıştır. Yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutulmuş örneklerdeki yüzdesel yağ, protein, tuzluluk ve yüzdesel su tutma kapasitesi belirlenmiş, bu değerlerin vakumla soğutulmuş örneklerde yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutulmuş örneklere oranla daha yüksek değerde olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın vakumla soğutulmuş örneklerin nem seviyesinin diğer iki yöntemle soğutulmuş örneklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (<http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4555/eopr-4555.pdf>).

McDONALD ve ark. (2002) “pişmiş sığır eti üretiminde termo-fiziksel özelliklerinin vakumla soğutmaya etkisi” adlı çalışmalarında, vakumla soğutulmuş pişmiş sığır etinin termo-fiziksel özelliklerini suya daldırmayla, yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutma yöntemlerinden oluşan üç ayrı soğutma yöntemiyle karşılaştırarak ölçmüşlerdir. Çalışmada tamamen pişirilmiş ve soğutulmuş örneklerin termal iletkenliği, özgül ısı kapasitesi, termal dağılımı, gözenekliliği, gerçek ve görünür yoğunluğu saptanmıştır. Termal iletkenlik değerinin özellikle vakumla soğutma örneklerinde, su içeriği ve gözeneklilik ile karşılıklı bir ilişki (korelasyon) gösterdiği, örneklerin görünür yoğunluğunun azalması ile termal iletkenlik özelliğinin de azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada vakumla soğutma sırasında, soğutulan materyallerde gözenekliliğin arttığı ve buna bağlı olarak da soğutulan materyalin bünyesinden su kaybının çoğaldığı bildirilmiştir.

WANG ve SUN (2002c) “gözenekli yapıdaki pişmiş et parçalarının vakumla soğutulması sırasında ürünün merkezinde oluşan nem kaybının ısı ve kütle transferinin üç boyutlu sayısal analizi” adlı çalışmalarında, pişmiş et parçalarının vakumla soğutulması sırasında oluşan ısı ve kütle transferini sayısal bir model aracılığıyla tahmin

etmişlerdir. Geliştirilen model aracılığıyla, ilk sıcaklığı 74°C olan pişmiş et parçalarının 10°C sıcaklığa ulaşmaya dek soğutulması sırasında geçen sürenin yaklaşık 2 saat olduğu ve bu süre içinde oluşan ağırlık kaybının ise %8-9 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışma, pişmiş et parçalarının şekil, boyut ve ağırlıklarının soğutma hızını ve ağırlık kaybını etkilemediğini göstermiştir. Ayrıca çalışmada gözenek boyutlarının materyalin bünyesinde oluşan basınç dağılımını, soğutma hızını ve ağırlık kaybını önemli bir şekilde etkilemediği; buna karşın materyalin gözenek dağılımının ve gözenek sayısının soğutma hızını, sıcaklık dağılımını ve ağırlık kaybını önemli bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır. Pişmiş etin vakumla soğutulmasındaki en düşük soğutma hızı ve en düşük ağırlık kaybı değerleri, gözenekliliğin yeterli boyutta olduğu ve gözeneklerin et parçalarının içine homojen bir şekilde dağıldığı materyallerde ortaya çıkmıştır.

HU ve SUN (2003) “CFD programı aracılığıyla, pişmiş etin merkez sıcaklığının ve soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybının tahmini” adlı çalışmalarında, vakum soğutma işlemleri sırasında CFD (Akışkanlar Dinamiği Hesaplama Modülü) programını kullanarak, pişmiş etin merkez sıcaklığı ve soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı değerlerini tahmin etmişlerdir. Çalışmada CFD modelinin, basınca bağlı oluşan sıcaklık değişimini, ağırlık kaybını ve materyalin su içeriğini tahmin etmede kullanılabileceği belirlenmiştir. Simülasyonun doğruluğu, deneysel bir vakum soğutucu aracılığıyla elde edilen verilerin karşılaştırılmasıyla kanıtlanmıştır. Ayrıca model aracılığıyla, soğutma sırasında materyalde oluşan termal küçülmenin, materyalin bünyesindeki su ve buhar taşınımının, materyal yüzeyinde oluşan radyasyon oranının ve basınç verilerinin de belirlenebildiği bildirilmiştir.

BROSNAN ve SUN (2003) “vakumla zambak bitkisinin soğutulmasında basınç düşüm oranının değiştirilmesinin zambak bitkisinin vazo ömrü ve kütle kaybına olan etkisi” adlı çalışmalarında, zambak bitkisinin vakumla soğutulmasına çalışmışlardır. Çalışmada vakumla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı, birim ağırlık kaybı başına oluşan sıcaklık azalması, vazo ömrü ve soğutma oranı belirlenmiştir. Çalışmada dört farklı vakumlama hızı uygulanmıştır. Araştırmadaki en yüksek vakumlama hızı olan dakikada 374 mbar’lık vakumlama hızında ağırlık kaybı %5.4 değeri ile en yüksek

değerde olmuştur. Vakumlama hızının dakikada 8.5 mbar olduğu vakumla ön soğutmada oluşan ağırlık kaybı %3.7 olarak belirlenmiş, sonuç olarak vakumlama hızının kesme çiçeklerin vakumla soğutulmasında vazo ömrünü önemsiz sayılabilecek bir oranda etkilediği, buna karşın farklı vakumlama hızının soğutma oranını etkilediği belirlenmiştir.

XIA ve SUN (2003) “hazır yiyeceklerin vakumla soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, ağırlık kaybı, sıcaklık dağılımı ve hava akımının CFD ile tahmini” adlı çalışmalarında, son yıllarda hazır yiyeceklere olan talebin hızlı bir şekilde artmasıyla tüketicilerin hazır yiyeceklerin güvenilirliğine ve kalitesine verdiği önemin de arttığını, ayrıca vakum soğutmanın gıda endüstrisinde başarılı bir şekilde uygulama alanı bulmuş bir soğutma yöntemi olduğu belirtmişlerdir. Çalışmada, hazır gıdaların vakumla soğutulması işlemlerini tanımlamaya yarayan, ürünün kalite ve güvenilirlik özelliklerini artıran ve işlemlerin optimum bir şekilde yapılmasını sağlayan bir akışkanlar dinamiği hesaplama modeli [CFD (Computational Fluids Dynamics)] geliştirilmiştir. Geliştirilen üç boyutlu model, hazır yiyeceklerin ısı ve kütle transferinin yanında, materyalin gözeneklerindeki suyun buharlaşma oranını da tanımlayabilmektedir. Çalışmada kütle, moment ve enerji eşitlikleri ile soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı ve soğutma zamanının yanında hava hızı ve zamana bağlı sıcaklık değerleri de model aracılığıyla tahmin edilmiştir (<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0471.pdf>).

HE ve LÍ (2003) “küresel gıdaların vakumla soğutulmasına teorik yaklaşım” adlı çalışmalarında, küresel katı gıdaların vakumla soğutulması sırasında, sıcaklık ve kütlenin zamana bağlı olarak belirlendiği bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada termo-fiziksel özellikler, konveksiyonel ısı transfer katsayısı ve buharlaşma gizli ısı saptanmış, vakum sırasında oluşan çevresel etkilerin ısı ve kütle transferini etkilediği belirlenmiştir. Oluşturulan model yardımı ile, zamana bağlı basınç, ortam sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, ürünün merkez sıcaklığı, ortalama sıcaklık ve vakum soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı değerleri tahmin edilmiştir. Model aracılığıyla vakumla soğutulmuş katı gıdalarda soğutma sırasında oluşan sıcaklık değerlerine ait hesaplamalar yapılmış, ayrıca tahmin modelinin sonuçları ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır (<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0471.pdf>).

SUN ve HU (2003) “gözenekli gıdaların vakumla soğutulması sırasında oluşan ısı ve kütle transferinin CFD simülasyonu” adlı çalışmalarında, gözenekli gıdaların vakumla soğutulması sırasında oluşan ısı ve kütle transferini önceden tahmin eden bir sayısal simülasyon modeli kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan model, vakumla soğutulan etin bünyesinde meydana gelen sıcaklık dağılımını, soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybını eşzamanlı olarak tahmin edebilmiş, ayrıca materyalde oluşan termal küçülme, yoğunluk, nem içeriği, sıcaklık ve basınç değerlerini de hesaplayabilmiştir. Çalışmada, etlerin vakumla soğutulmasında vakum tankı olarak silindirik kapların kullanılmasının doğruluğu da ortaya konulmuştur. Deneyler sırasında ölçülen basınç değerlerinden yola çıkılarak, basınç veri tabanı oluşturulmuş ve bu bilgiler simülasyonlarda kullanılmıştır.

HOUSKA ve ark. (2003) “çorbadaki pişmiş etin vakumla soğutulmasının deneysel çalışması” adlı çalışmalarında, pişmiş etin vakumla soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık, basınç ve ağırlık kaybı değerleri ölçülmüş, soğutma zamanının et boyutlarıyla ilişkisi belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, etin vakumla soğutulması sırasında ortaya çıkan ağırlık kaybını en aza indiren yöntem ortaya konulmuştur. Ağırlık kaybının minimum düzeyde olduğu vakumla soğutma metodunun, etin önceden kaynatılmış olan tuzlu suyla birlikte vakumla soğutulması olduğu tespit edilmiştir. Vakumla soğutma işlemleri, ilk sıcaklıkları 75°C olan materyallerin sıcaklığı 5°C’ye ulaşınca dek sürdürülmüş ve soğutma zamanının 762 saniye olduğu saptanmıştır. Çalışmada, vakumla soğutma işleminin sonunda materyal gözeneklerinin içine tuzlu su karışımının nüfuz ettiği bildirilmiştir.

SUN ve McDONALD (2003) “vakumla ve geleneksel soğutma yöntemiyle soğutulmuş pişmiş sığır etinin termal özellikleri” adlı çalışmalarında, vakumla soğutma, basınçlı havayla soğutma, suya daldırmayla soğutma ve soğuk depolama yönteminden oluşan dört farklı soğutma metodunu kullanarak pişmiş sığır etini soğutmuşlardır. Soğutulan örneklerin termal iletkenliği, özgül ısısı ve termal dağılımı saptanmış ve elde edilen veriler, soğutulmamış örneklerden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada vakumla soğutulmuş örneklerdeki; termal iletkenlik, özgül ısı ve termal dağılım parametrelerinin, vakumla soğutma işleminden ötürü oluşan su kaybını önemli bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca vakumla soğutulmuş örneklerin

termal iletkenlik ve özgül ısı değerlerinin, diğer soğutma yöntemlerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır (<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0439.pdf>).

ZHANG ve SUN (2003) “Pişmiş havuç dilimlerinin vakumla soğutulmasında sıcaklık ve ağırlık kaybının deneysel olarak belirlenmesi” adlı çalışmalarında, pişmiş havuç dilimlerinin hazır yiyeceklerin önemli bileşenlerinden biri olduğunu ve vakumla soğutmanın etkili bir soğutma metodu olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, tüm havuç örnekleri doymuş buhar içinde 30 dakikada pişirilmiş ve yaklaşık 2.5 mm kalınlığındaki havuç dilimleri, vakumla soğutma sırasında soğutucu tabanına dikey bir şekilde serilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme tekniğine göre 6 tekrardan oluşturulmuştur. Yaklaşık 100 g ağırlığındaki dilimlenmemiş (bütün haldeki) pişmiş havuçlar ile bu havuçlarla benzer boyutta olan pişmiş havuç dilimleri vakumla soğutulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Dilimlenmemiş havuçların soğuması için gereken zaman 16.91 dakika olarak bulunurken, pişmiş havuç dilimlerinin soğuması için gereken zamanın bu değerden 2.23 dakika daha uzun olduğu saptanmıştır ($p < 0.001$). Bütün haldeki pişmiş havuçların vakumla soğutulması sırasında oluşan ağırlık kaybı, %20.02 olarak bulunurken; pişmiş havuç dilimlerinin vakumla soğutulması sırasında oluşan ağırlık kaybının bu değerden %12.14 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Çalışmada dilimlerin yüzeylerinden vakum çemberine doğru olan nem transfer oranının, pişmiş havuçların içindekinden daha hızlı olduğu ve oluşan nem buharlaşmasının yüzeylerde gerçekleştiği belirtilmiştir. Çalışmada, vakumla soğutma sırasında, havuç dilimlerine basınç uygulandığında buharlaşmanın ara yüzeyde olduğu ve buradan vakum çemberine dağıldığı bildirilmiştir. Ayrıca sıcaklık düşüşünün, havuç kolonlarının alt kısmında oldukça yavaş bir şekilde gerçekleştiği ve buradaki sıcaklık değerinin vakum soğutma işleminin bitirilmesi amacıyla vakumla soğutma işlemi boyunca denetlendiği belirtilmiştir (<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0470.pdf>).

HOUSKA ve ark. (2003) “hazır yiyecek sanayisi için etin vakumla soğutulması” adlı çalışmalarında, hazır yiyecekleri, atmosfer basıncının altındaki basınç değerlerinde (vakum etkisi altında), bir sos ya da et suyu çözeltisinin içinde soğutmuşlardır. Böylece, soğuma zamanının ve soğutma sırasında materyalde oluşan ağırlık kaybının en aza

indirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada soğutma işleminden önce ete salamura enjekte edilmesiyle soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybının azaltıldığı, ayrıca salamura enjekte edilerek vakumla soğutulmuş et ile salamura enjekte edilmeden basınçlı havayla soğutulmuş etteki ağırlık kaybı değerlerinin benzer şekilde olduğu saptanmıştır. Soğutma işleminden önce, pişmiş etin içine hazır sos veya et suyu ilave edilmiş sıcak çorbaya katılmasıyla lezzet özelliklerinin ve vakumla soğutma sırasında etin gözeneklerinden atılan su buharının yerine sos ya da et suyunun nüfuz etmesi ile etin tat değerinin artırıldığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada bahsedilen yöntemle elde edilen hazır yiyeceklerin, mikrodalga fırında ya da buharlı bir ısıtıcıda yeniden ısıtılarak servis edilebileceği ve böylece işletmelerde ve lokantalarda büyük bir enerji tasarrufunun sağlanacağı bildirilmiştir (<http://www.icr 2003.org/abstracts/ICR0635.pdf>).

ROMERO ve ark. (2003) “eriğin nakliye işleminden önce mekanik zararlanmasının önlenmesi için zoraki hava akımıyla soğutulması” adlı çalışmalarında, “Santa Roza” eriğini (*Prunus salicina Lindl. cv. Santa Rosa*) mekanik olarak zarar görmeden önce ve sonra, zorlanmış hava akımı ile ön soğutmuş ve havayla soğutma işleminin eriğe olan etkisini araştırmışlardır. Soğutulan erikler 1°C sıcaklıkta 4 gün süreyle depolanmıştır. Çalışmada, hasarlı ve hasarsız eriklerde meydana gelen CO₂ oluşumu, ağırlık kaybı, sertlik azalması ve ürünlerdeki renk değişimi araştırılmıştır. Mekanik olarak zarar görmüş eriklerin zoraki havayla ön soğutulmasında, solunum oranında azalma olduğu saptanmıştır. Ön soğutma işleminden önce mekanik olarak zarar görmüş eriklerin, ön soğutma işleminden sonra zarar görmüş eriklere oranla ağırlık kaybının daha yüksek olduğu, sertlikte azalma meydana geldiği ve ürünün kroma (C) değerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada ön soğutma işleminin hasattan hemen sonra yani paketlenme, nakliye, depolama ve benzeri işlemlerden önce yapılmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur.

SUN ve WANG (2004) “çeşitli metotlar ile ticari amaçlı pişmiş iri et parçaları için vakum soğutmanın performansının deneysel araştırması” adlı çalışmalarında, ilk sıcaklıkları 74°C olan, ağırlığı 5 kg’dan fazla olan pişmiş et parçalarını, materyallerin merkez sıcaklığı 10°C oluncaya dek vakumla, suya daldırmayla, yüksek ve düşük basınçlı havayla ön soğutmuşlardır. Deneysel sonuçları, vakumla soğutma için toplam

soğutma zamanının 2 saatten daha az olduğu; bunun yanı sıra suya daldırmayla soğutmada 5 saatten, yüksek basınçlı havayla soğutmada 7 saatten ve düşük basınçlı havayla soğutmada ise 9 saatten daha fazla bir zamanda soğutmanın gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca vakumla soğutmada, soğutma öncesi ağırlığın %10'una yakın bir değerde ağırlık kaybı belirlenmiştir. Yüksek ve düşük basınçlı havayla soğutma yöntemlerinde oluşan ağırlık kaybı değeri %6-7 olarak kaydedilmiştir.

DOSTAL ve PETERA (2004) “sıvıların vakumla soğutulması: matematiksel model” adlı çalışmalarında vakumla soğutmanın hızlı sıcaklık düşüşünün istenildiği durumlarda kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmada vakumla soğutma işleminin, akışkandan gizli ısının uzaklaştırılması ilkesine dayandığı, bunun sonucunda materyalin bünyesinde ani bir sıcaklık düşümünün meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca sistemdeki buharlaşma işleminin hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve vakum tankındaki toplam basıncın sürekli olarak azaldığı belirtilmiştir. Çalışmada, vakumla soğutma yönteminde, materyalde oluşan sıcaklığı tahmin etmeye olanak sağlayan matematiksel bir model tanımlanmıştır.

WANG ve SUN (2004) “pişmiş iri et parçaları için bir vakum soğutucudaki soğutma performansının işletme şartlarına etkisi” adlı çalışmalarında vakum tankı hacminin, vakumlama hızının ve kondansör sıcaklığının soğutma hızını etkilediği belirtmişlerdir. Çalışmada soğutma hızı, vakumlama hızıyla doğru orantılı olarak artmış; ancak vakum tankı hacmi ve kondansör sıcaklığıyla ters orantılı olarak azalmıştır. Ayrıca çalışmada sistemde buhar kondansatörü kullanılmazsa, oluşan buharın pompa tarafından dışarıya tahliye edilmesinin çok güç olacağı bildirilmiştir. Vakum tankı hacmi, vakumlama hızı ve kondansör sıcaklığı parametrelerinin vakumla soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybında önemli bir etkiye yol açmadığı sonucuna varılmıştır.

ZHANG ve SUN (2006a) “farklı soğutma yöntemlerinin pişmiş pirincin kalitesi ve soğutma etkinliği üzerine olan etkisi” adlı çalışmalarında, pişmiş pirinci vakumla, basınçlı havayla, soğuk hava deposunda ve evaporatörü rolbont tipli soğutma tankında olmak üzere dört farklı soğutma yöntemini kullanarak soğutmuşlardır. Çalışmada soğutma zamanı, soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı, nem içeriği, sertlik ve

yapışkanlık gibi bazı soğutma ve kalite parametreleri açısından en uygun yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirtilmiştir.

ZHANG ve SUN (2006b) “farklı soğutma yöntemlerinin pişmiş brokoli ve havuç dilimlerinin kalitesine ve soğutma etkinliğine olan etkisi” adlı çalışmalarında, vakumla, basınçlı havayla, soğuk hava deposunda ve evaporatörü rolbont tipli olan bir soğutma tankında soğutma olmak üzere dört farklı soğutma yöntemini kullanarak ağırlıkları 1.2 kg olan pişmiş havuç ve brokoli dilimlerini soğutmuşlardır. Çalışmada kullanılan dört farklı soğutma yöntemi içinde ürün kalitesi açısından en etkili yöntemin, vakumla ön soğutma tekniği olduğu belirlenmiştir. Vakumla soğutulan ürünlere su püskürtülmesi ile ürünlerdeki ağırlık kaybı minimum düzeye indirilmiştir. Brokoli ve havucun soğutulması sırasında soğutma zamanı açısından en kısa yöntem vakumla ön soğutma yöntemi olmuş, bu yöntemi sırasıyla basınçlı havayla ön soğutma, soğuk hava deposunda soğutma ve evaporatörü rolbont tipli soğutma tankında soğutma yöntemleri izlemiştir. Çalışmada ayrıca, soğutma sırasında ürünlere oluşan ağırlık kaybı değerleri saptanmıştır. Kullanılan dört farklı soğutma yöntemi içinde en az ağırlık kaybının meydana geldiği yöntemin, brokolinin soğutulmasında vakumla ön soğutma, havuç dilimlerinin soğutulmasında ise soğutma tankında soğutma yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Brokolinin soğutulmasında ağırlık kaybının en az olduğu vakumla soğutma yöntemini, sırasıyla soğutma tankında soğutma, soğuk hava deposunda soğutma ve basınçlı havayla soğutma yöntemlerinin izlediği tespit edilmiştir. Havuç dilimlerinin soğutulmasında ise soğutma sırasında en az ağırlık kaybına neden olan soğutma tankında soğutma yöntemini, sırasıyla soğuk hava deposunda soğutma, vakumla soğutma ve basınçlı havayla soğutma yöntemlerinin izlediği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, brokoli ve havucun soğutulmasında soğutma zamanı, ağırlık kaybı ve kalite parametreleri açısından en etkili soğutma yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir.

SUN ve ZHENG (2006) “tarım-gıda endüstrisi için vakumla soğutmanın dün, bugün, geleceği” adlı çalışmalarında, vakumla soğutmanın kesme çiçeklerde, meyve ve sebzelerde, balıkçılık endüstrisinde, pişmiş etlerde, hazır ve viskoz gıdalarda yaygın olarak kullanılan bir soğutma tekniği olduğunu belirtmişlerdir.

TAO ve ark. (2006) “vakumla soğutulmuş beyaz mantarın farklı depolama şartlarında depolanmasının fiziksel ve kimyasal özelliklere olan etkisi” adlı çalışmalarında, vakumla soğutulmuş mantarı soğuk hava deposunda, düşük basınç odasında ve kontrollü atmosfer odasında muhafaza etmişlerdir. Çalışmada, ağırlık kaybı, solunum hızı, suda çözünebilir katı madde içeriği, genel görünüm derecesi açısından mantarın depolanmasına en uygun muhafaza yönteminin kontrollü atmosfer odasında muhafaza yöntemi olduğu belirlenmiştir.

JACKMAN ve ark. (2007) “vakumla ve basınçlı havayla ön soğutma kombinasyonunun pişmiş etin soğutulmasına soğutma zamanı ve ağırlık kaybı açısından etkisi” adlı çalışmalarında, 3 kg ağırlığındaki pişmiş et parçalarını hem vakumla, hem basınçlı havayla, hem de her iki yöntemin kombinasyonuyla soğutmuşlardır. Çalışmada soğutma zamanı ve soğutma sırasında ette oluşan ağırlık kaybı belirlenmiştir. Vakumla ön soğutmanın 29 dakika değeri ile soğutma zamanı açısından en kısa, basınçlı havayla soğutmanın ise 247 dakika ile en uzun soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Çalışmada %7.3 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerinin, %11.8 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İlk sıcaklıkları 72°C olan et parçaları iç sıcaklıkları 20, 25, 30, 35°C ye inene kadar vakumla, bu sıcaklık değerinden 4°C ye düşene kadar ise havayla ön soğutulmuşlardır. Uygulanan bu kombinasyonun tam tersi uygulanarak dört ayrı soğutma yöntemi daha elde edilmiştir. Önce vakumla ardından havayla ön soğutmanın uygulandığı örneklerin, önce havayla ardından vakumla ön soğutmanın yapıldığı örneklere göre, soğutma zamanı açısından daha kısa; ancak, ağırlık kaybı açısından daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

CHENG ve HSUEH (2007) “lahananın çok aşamalı vakum soğutma işlemi” adlı çalışmalarında lifli sebzelerin hasat sıcaklığından hızlı bir şekilde soğutma sıcaklığına düşürülmesinin önemine değinmişlerdir. Çalışmada üç farklı soğutma hızı uygulanmıştır. Vakumlama hızlarının ilki atmosfer basıncının 8 mbar’a kadar düşürülmesi işlemidir ve bu işlem 1800 s de tamamlanmıştır. İkinci vakumlama deneyi atmosfer basıncının önce 10.7 mbar değerine, 10.7 mbar değerinden 8 mbar değerine, 8mbar değerinden de 5.3 mbar basınç değerine kadar düşürülmesi işlemlerinin tümünü

içermiştir. Bu üçlü basınç düşüm zincirine ait her bir basamağın 600 s de tamamlandığı, buna bağlı olarak toplam vakumlama zamanının 1800 s sürdüğü tespit edilmiştir. Üçüncü vakumlama deneyi ise atmosfer basıncının önce 13.3 mbar değerine, 13.3 mbar değerinden 10.7 mbar değerine, 10.7 mbar değerinden de 8 mbar değerine kadar düşürülmesi işlemlerinin tümünü içermektedir ve bu işlemlerin tümü 1800 saniye sürmüştür. Bu üçlü basınç düşüm zincirine ait her bir basamağın 600 s de tamamlandığı, buna bağlı olarak toplam vakumlama zamanının 1800 s sürdüğü belirlenmiştir.

JIN (2007) “vakumla soğutma sırasında vakum çemberindeki sıcaklık dağılımının deneysel incelemesi” adlı çalışmasında, dört farklı soğutma deneyi yapmıştır. Soğutma deneyleri etin (1) 15.8°C sıcaklığından 10.7°C sıcaklığına kadar soğutulması, (2) 19.2°C sıcaklığından 10.7°C sıcaklığına kadar soğutulması, (3) 19.2°C sıcaklığından 6.1°C sıcaklığına kadar soğutulması, (4) 13.1°C sıcaklığından 6.1°C sıcaklığına kadar soğutulması olarak belirlenmiştir. Tüm bu işlemler boyunca etin ortalama nem içeriğinin %71’den %60.69’a düştüğü tespit edilmiştir. Soğutma sırasında meydana gelen toplam ağırlık kaybının ise %10.31 olduğu belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmanın materyal kısmı tarımsal ürünler, ön soğutma sistemleri ve kullanılan ölçü aletleri ile kullanılan sistemler olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir.

2.1.1. Tarımsal ürünler

2.1.1.1. Karalahana

Karalahana (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), vitamin ve mineraller açısından oldukça zengin bir soğuk iklim sebzesidir. Yeşil klorofil pigmentleri içinde bol miktarda beta-karoten, askorbik asit (vitamin C) ve kalsiyum barındırır. Koyu yapraklı olanları daha fazla beta-karoten içerir. Antioksidan ve fotokimyasal özellikleri olan karalahana bitkisi bir çok kanser türünün ve kalp hastalığı riskinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Karalahana içinde çok az miktarda yağ ve sodyum da bulunmaktadır (<http://www.urbanext.uiuc.edu/veggies/collards1>). Karalahana oldukça zengin besin içeriği ile insanların günlük besin miktarını karşılayabilecek nitelikte olan önemli bir sebzedir (Gündoğdu 2005). Şekil 2.1’de karalahana bitkisinin resmi, Çizelge 2.1’de ise soğutulan karalahana bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Karalahananın ölçülen bazı teknik özellikleri

Genişlik (mm)		165.810 ± (21.084)
Kalınlık (mm)		0.415 ± (0.205)
Uzunluk (mm)		195.360 ± (21.130)
Yüzey alanı (mm ²)		220.645 ± (55.873)
Yuvarlaklık oranı (%)		0.649 ± (0.025)
Ağırlık (g)		17.384 ± (4.220)
Hacim (cm ³)		18.995 ± (4.544)
Özgül Ağırlık (kg/m ³)		0.915 ± (0.047)
Nem (% yb)		88.60 ± (0.490)
Kül miktarı (%)		1.55 ± (0.095)
Renk	L	54.52 ± (0.038)
	a	-9.44 ± (0.027)
	b	8.65 ± (0.043)
	C	12.80 ± (0.011)
	α°	137.51 ± (0.220)



Şekil 2.1. Karalahana bitkisi

2.1.1.2. Pazı

Pazı (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) oldukça besleyici bir sebze türüdür. İçeriğinde yüksek miktarda sodyum barındırır. Düşük kalorili olan pazı bitkisi mineraller bakımından fakir bir bitki olmasına karşın askorbik asit (Vitamin C) içeriği açısından oldukça zengindir (Pokluda ve Kuben 2002). Yüksek miktarda A vitamini içeren pazı yaprakları buna bağlı olarak sodyum da içermektedir. Sodyumun yanında pazı içerisinde kalsiyum, fosfor, magnezyum, demir ve potasyum da bulunmaktadır. Ayrıca pazı içerisinde palmitik, sitrik, oleik (Omega-9), linoleik asit (Omega-6) gibi uçucu yağ asitleri, folik asit, pektin, askorbik asit, fosfolipit, glikolipit ve polisakkaridler de bulunmaktadır (Bolkent ve ark. 2000). Şekil 2.2’de pazı bitkisinin resmi, Çizelge 2.2’de ise soğutulan pazı bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.2. Pazının ölçülen bazı teknik özellikleri

Genişlik (mm)	141.430 ± (17.030)
Kalınlık (mm)	0.474 ± (0.141)
Uzunluk (mm)	203.080 ± (15.230)
Yüzey alanı (mm ²)	165.980 ± (40.93)
Yuvarlaklık oranı (%)	0.605 ± (0.038)
Ağırlık (g)	14.427 ± (4.172)
Hacim (cm ³)	16.850 ± (4.252)
Özgül Ağırlık (kg/m ³)	0.849 ± (0.047)
Nem (% yb)	90.42 ± (0.465)
Kül miktarı (%)	1.38 ± (0.047)
Renk	L 36.54 ± (0.048)
	a -11.94 ± (0.056)
	b 16.50 ± (0.072)
	C 20.36 ± (0.087)
	α° 125.90 ± (0.080)



Şekil 2.2. Pazı bitkisi

2.1.1.3. Ispanak

Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) tek yıllık bir serin iklim sebzesidir. Çiğ, haşlanmış ya da fırınlanmış olarak tüketilebilen ıspanak düşük kalorili olmasına karşın askorbik asit (Vitamin C) içeriği açısından oldukça zengin bir bitkidir (Toledo ve ark. 2003). Suda çözülebilen vitaminleri oldukça fazla olan ıspanak bitkisi ışığa, ısıya ve oksijene

oldukça duyarlı olduğundan hasattan hemen sonra bir işlem görmez ise bozulmaya başlar (Alibas-Ozkan ve ark. 2007). Şekil 2.3’de ıspanak bitkisinin resmi, Çizelge 2.3’de ise soğutulan ıspanak bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.3. İspanağın ölçülen bazı teknik özellikleri

Genişlik (mm)		129.270 ± (20.851)
Kalınlık (mm)		0.285 ± (0.075)
Uzunluk (mm)		195.713 ± (25.180)
Yüzey alanı (mm ²)		165.317 ± (34.446)
Yuvarlaklık oranı (%)		0.294 ± (0.022)
Ağırlık (g)		12.293 ± (3.135)
Hacim (cm ³)		15.887 ± (4.608)
Özgül Ağırlık (kg/m ³)		0.774 ± (0.039)
Nem (% yb)		90.82 ± (0.580)
Kül miktarı (%)		0.72 ± (0.028)
Renk	L	33.33 ± (0.162)
	a	-8.25 ± (0.064)
	b	12.24 ± (0.139)
	C	14.76 ± (0.138)
	α°	123.98 ± (0.250)



Şekil 2.3. İspanak bitkisi

2.1.1.4. Semizotu

Semizotu (*Portulaca oleracea* L.) kurak ve tuzlu topraklarda yetişebilen, içeriğinde yüksek miktarda omega-3 yağ asidi, beta-karoten, alfa-tokoferol (E vitamini), askorbik asit (C Vitamini), ve antioksidan içeren tek yıllık bir bitkidir (Yazici ve ark. 2007; Liu ve ark. 2000, Ezekwe ve ark. 1999). Şekil 2.4’de semizotu bitkisinin resmi, Çizelge 2.4’de ise soğutulan semizotu bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

2.1.1.5. Bakla

Bakla (*Vicia faba* var. *major*) içeriğinde yüksek miktarda protein, B grubu vitaminler, mineraller ve lif içeren oldukça besleyici bir sebzedir (Lisiewska ve ark. 2007). İçeriğinde %25,2 protein, %46,5 karbonhidrat, %1,5 yağ ve %10,3 lif bulunmaktadır. Bu nedenle diyet bitkisi olarak da kullanılmaktadır (Chillo ve ark.

2008). Şekil 2.5’de bakla bitkisinin resmi, Çizelge 2.5’de ise soğutulan bakla bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.4. Semizotunun ölçülen bazı teknik özellikleri

Genişlik (mm)		28.23 ± (4.022)
Kalınlık (mm)		0.680 ± (0.102)
Uzunluk (mm)		44.240 ± (1.652)
Yüzey alanı (mm ²)		10.125 ± (3.494)
Yuvarlaklık oranı (%)		0.660 ± (0.019)
Ağırlık (g)		0.950 ± (0.150)
Hacim (cm ³)		1.140 ± (0.089)
Özgül Ağırlık (kg/m ³)		0.830 ± (0.036)
Nem (%yb)		91.48 ± (0.495)
Kül miktarı (%)		0.91 ± (0.028)
Renk	L	32.26 ± (0.075)
	a	-8.37 ± (0.064)
	b	13.44 ± (0.041)
	C	15.84 ± (0.068)
	α°	121.91 ± (0.120)



Şekil 2.4. Semizotu bitkisi

Çizelge 2.5. Baklanın ölçülen bazı teknik özellikleri

Genişlik (mm)		13.829 ± (1.134)
Kalınlık (mm)		10.656 ± (0.555)
Uzunluk (mm)		123.110 ± (9.860)
Yüzey alanı (mm ²)		146.470 ± (17.875)
Küresellik (%)		0.215 ± (0.021)
Ağırlık (g)		8.576 ± (0.813)
Hacim (cm ³)		12.500 ± (1.227)
Özgül Ağırlık (kg/m ³)		0.692 ± (0.085)
Nem (%yb)		81.85 ± (0.510)
Kül miktarı (%)		2.05 ± (0.105)
Sertlik (kg)		2.65 ± (0.105)
Renk	L	40.63 ± (0.205)
	a	-11.53 ± (0.050)
	b	19.70 ± (0.079)
	C	22.83 ± (0.091)
	α°	120.35 ± (0.050)



Şekil 2.5. Bakla bitkisi

2.1.1.6. Enginar

Anayurdu Akdeniz ülkeleri olan enginar (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori), toprağı zengin, iklimi yumuşak ve nemli olan pek çok ülkede yetiştirilmektedir (Romani ve ark. 2006). Yaklaşık 1 m. uzunluğundaki bitkinin toprak üstü bölümü her yıl çiçeklenme döneminden sonra ölmekte, ertesi yıl yeni yaprak ve çiçekler vermektedir. Rozetleri oluşturan yaprakları derin loplu ve bol tüylü; çiçekleri ise mor renkli olmaktadır. Ekiminden sonraki dört-sekiz yıl içinde rozet demeti giderek kalabalıklaşmakta, buna bağlı olarak çiçek başlarının büyüklüğü ve kalitesi düşmektedir. Bitki bu yaşa geldiğinde kök parçalarından alınan sürgünler aracılığıyla yeni bitkilerin üretimi yapılmaktadır (<http://www.ntvmsnbc.com/news/275523.asp>).

Enginar içerdiği mineraller bakımından oldukça zengin bir sebzedir. Bol miktarda potasyum, kalsiyum, manganez, 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 ve Hernst 2003, Zhu ve Zhang. 2004, 2005). Şekil 2.6'da enginar bitkisinin resmi, Çizelge 2.6'da ise soğutulan enginar bitkisine ait ölçülen bazı teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.6. Enginarın bazı teknik özellikleri

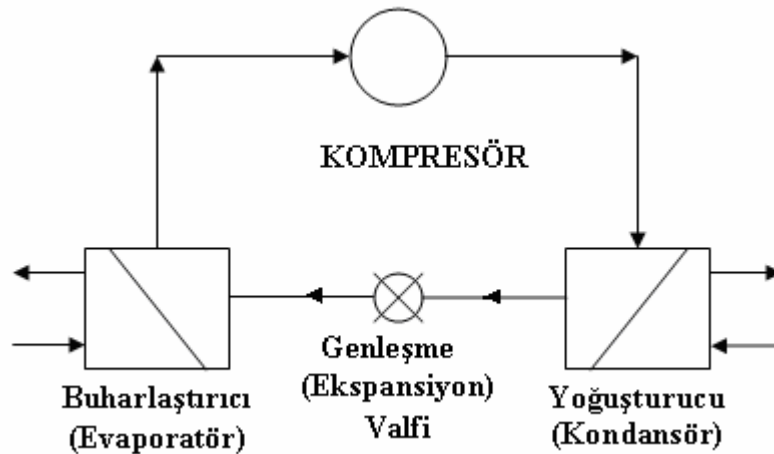
Genişlik (mm)	115.351 ± (20.133)
Kalınlık (mm)	111.153 ± (9.860)
Uzunluk (mm)	112.290 ± (21.132)
Ortalama çap (mm)	111.688 ± (20.045)
Yüzey alanı (cm ²)	565.695 ± (10.455)
Projeksiyon alanı (cm ²)	97.923 ± (35.465)
Küresellik (%)	0.979 ± (0.011)
Hacim (dm ³)	0.729 ± (0.089)
Ağırlık (g)	275.120 ± (20.850)
Sertlik (kg)	4.960 ± (0.111)
Nem (%yb)	86.50 ± (0.325)
Kül miktarı (%)	1.60 ± (0.065)



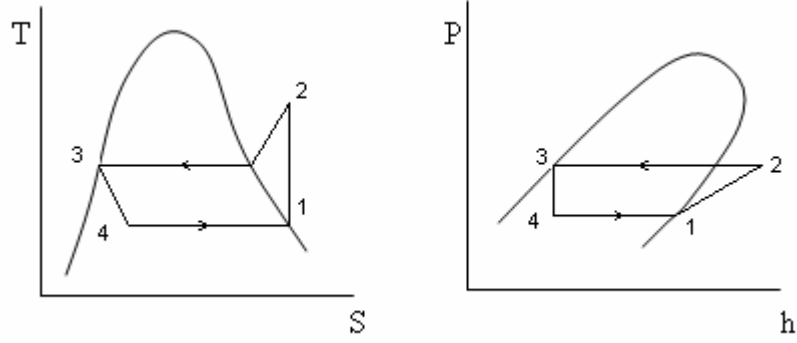
Şekil 2.6. Enginar bitkisi

2.1.2. Ön soğutma sistemleri

Isı normal koşullarda sıcak kaynaktan soğuk kaynağa doğru akmaktadır. Termodinamiğin ikinci yasasına göre ısının soğuk ortamdan sıcak ortama aktarılabilmesi için sisteme dışarıdan bir enerjinin verilmesi gerekmektedir. Sistem dışarıdan aldığı bu enerjiyle, soğuk ortamdan ısıyı alarak, sıcak ortama taşır. Bir soğutma makinesi; buharlaştırıcı (evaporatör), yoğuşturucu (kondansör), kompresör, güç kaynağı (elektrik ya da termik motor), genişleme (ekspansiyon) valfi, soğutucu akışkan, bağlantı boruları, kontrol valfleri, gaz deposu ve gaz filtresinden oluşur (Alibaş 1995). Soğuk kaynaktan sıcak kaynağa ısı geçirmek için ise kapalı soğutma çevrimlerinde bir kompresörden yararlanılmaktadır. Çalışma süresince kompresör buharlaştırıcıdan (evaporatör) emdiği soğutucu su buharını, basma basıncı etkisi ile adyabatik olarak yoğuşturucuya (kondansör) basar. Burada sabit basınç koşullarında ve yüksek sıcaklık değerinde yoğuşan buhar çevresine ısı vermektedir. Yoğuşan sıvı, daha sonra sabit entalpide buharlaşma sıcaklığına düşüncüye kadar bir genişleme valfindan geçer ve yeniden buharlaşmak için buharlaştırıcıya gelir. Soğutucu sıvı sabit basınçta buharlaşır. Buharlaşma işleminde basınç ve sıcaklık sabit kalmaktadır. Daha sonra soğutucu sıvı buharının, emme basıncı altında kompresöre gitmesi ile kapalı soğutma devresi tamamlanmış olur (Alibas 1995). Şekil 2.7’de soğutma makinasının çalışma prensibi, Şekil 2.8’de ise soğutmaya ilişkin Rankine çevriminin Sıcaklık-Entropi (TS) ve Basınç-Entalpi (Ph) diyagramları verilmiştir.



Şekil 2.7. Soğutma makinasının çalışma prensibi (Alibas 1995)



Şekil 2.8. Soğutmaya ilişkin Rankine çevriminin Sıcaklık-Entropi (TS) ve Basınç Entalpi (Ph) diyagramları (Alibas 1995). Burada;

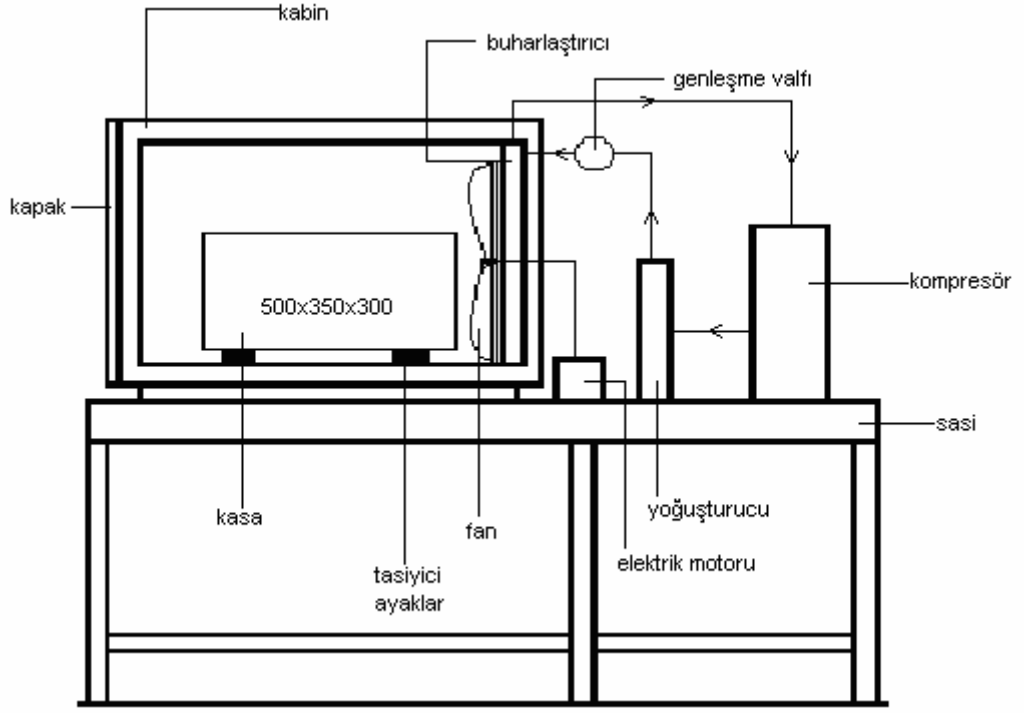
1-2 arası kompresörde adyabatik sıkıştırma, 2-3 arası sabit basınçta yoğuşturucuda yoğuşma, 3-4 arası sabit ortalıpte genişleme valfinda "kısılma, 4-1 arası sabit basınçta buharlaştırıcıda buharlaşma.

2.1.2.1. Havayla ön soğutma sistemi

Havayla ön soğutma sistemi; soğutma kabini, fan, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutucu ünitelerden oluşmaktadır. Şekil 2.9'da havayla ön soğutma sisteminin şematik resmi, Şekil 2.10'da ise havayla ön soğutma sisteminin genel görünüşü verilmiştir.

Soğutma kabini 2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan yapılmıştır. Boyutları 850 x 800 x 1100 mm, hacmi ise 0.748 m³'dür. Kabinin ön kısmı kapaklı olarak tasarlanmış, arka kısmı ise ana gövdeye sabit olarak kaynak edilmiştir. Soğutma kabininin kapağı 2 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzemeden imal edilmiştir. Kapak ana gövdeye iki adet menteşe ile bağlanmıştır. Kapak üzerinde kilitli bir kol bulunmaktadır. Sızdırmanın engellenmesi amacıyla, kapak ile tank arasına 25 mm genişliğinde, 30 mm kalınlığında yarım daire kesitli lastik conta yerleştirilmiştir.

Isı yalıtımının sağlanması amacıyla soğutma kabininin çevresine, 12 mm kalınlığında 0.146538 kJ / m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Cam yününün çevresi ise 2 mm kalınlığındaki galvanizli sac ile kaplanmıştır.



Şekil 2.9. Havayla ön soğutma sisteminin şematik görünüşü



Şekil 2.10. Havayla ön soğutma sisteminin genel görünüşü

Soğutma kabininin tabanına soğutulacak ürünü taşıyan kasaların konulması amacıyla 25 x 25 mm ölçülerindeki profilden yapılmış olan kafes şeklindeki kasa taşıyıcı yapı 4 adet tekerlek üzerine bağlanmıştır. Kasa taşıyıcı, raylı bir yol üzerinde ileri-geri hareket ettirilebilmektedir. Soğutma kabininin arka duvarına ise buharlaştırıcı ve fan (vantilatör) yerleştirilmiştir.

Soğutucu kabinin dış kısmında, sistemin sıcaklığını ayarlamaya yarayan, dijital bir kontrol panosu bulunmaktadır.

Sistemde devir sayısı 1400 min^{-1} olan 160 mm çark çapına sahip 5 kanatlı aksiyal bir fan kullanılmıştır. Fan 40 W'lık bir elektrik motoru ile tahrik edilmektedir ve buharlaştırıcının verdiği ısıyı kabin içinde bulunan materyale dağıtmak ve eşit serinlik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Fanın materyalin üzerine gönderdiği havanın hızı 1 m s^{-1} dir (Dinçer 1993, Dincer 1995, Teruel ve ark. 2001, Wang ve Sun 2002d, Wang ve Sun 2002e).

Buharlaştırıcı (evaporatör), sistemde dolaşan soğutucu akışkanın buharlaştığı ve bulunduğu ortamdan ısı çekmeye yarayan organdır. Buharlaştırıcı, soğutma kabini içinde bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan havayla ön soğutma sisteminde, 13.5 mm çapında, 8160 mm uzunluğunda 0.3459 m^2 yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli buharlaştırıcı kullanılmıştır.

Yoğuşturucu (kondansör), kompresörden kızgın buhar halinde çıkan soğutucu akışkanın yoğuşmasını sağlayan organdır. Sistemde 12 mm çapında, 16400 mm uzunluğunda, 0.6180 m^2 yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli yoğuşturucu kullanılmıştır. Soğutma amacıyla devir sayısı 1400 min^{-1} , devidgen çark çapı 260 mm olan, 5 kanatli aksiyal tipte bir fan kullanılmıştır. Fan hareketini 40 W gücündeki monofaze elektrik motorundan almaktadır.

Kompresör, buharlaştırıcıdan emdiği soğutucu su buharını basma basıncı etkisi ile adyabatik olarak yoğuşturucuya gönderen organdır. Soğutucu akışkan olarak seçilen

freon 12 gazına uygunluğu ve soğutma sisteminin küçük kapasiteli olması nedeniyle vakumla soğutma sisteminde hermetik tip kompresör kullanılmıştır.

Soğutma sistemlerinde yoğuşturucu ile buharlaştırıcı arasına genişleme (ekspansiyon) valfi yerleştirilmektedir. Sabit basınçta yoğuşturucuda yoğuşturulan akışkan sabit entalpide genişleme valfindan geçerken kısılmaya uğramaktadır. Genleşme valfinda kısılan entalpisi sabit kalmış, basıncı düşürülmüş olan soğutucu akışkan buradan buharlaştırıcıya gönderilmektedir.

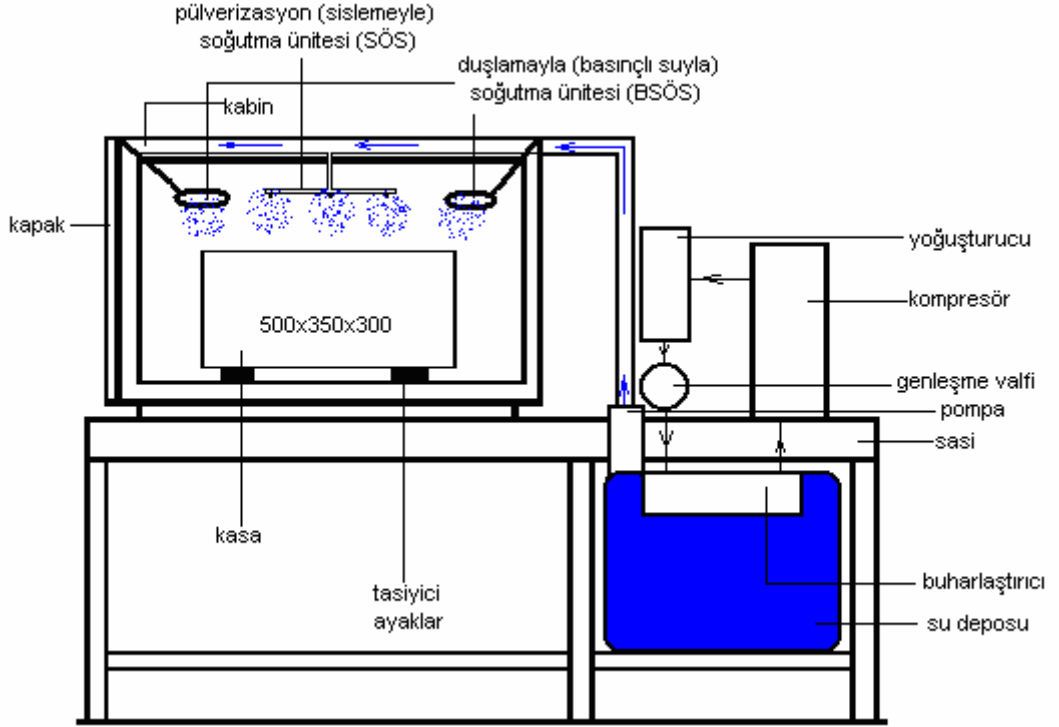
Soğutucu akışkanlar, soğutma sisteminde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama iletilmesini sağlayan iş gören akışkan olarak tanımlanabilirler. Sistemde soğutucu akışkan olarak Freon 12 (R12) kullanılmıştır. Freon 12; yanıcı, zehirli, patlayıcı ve toksik olmayan, ekstrem şartlarda dengesini koruyan, bozulmayan, özelliğini kaybetmeyen ve ısıl performansı yüksek bir gazdır. Yağın çözücü özelliği, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı ısı geçiş yüzeylerinde yağın toplanmasını önlemektedir. Freon 12'nin buharlaşma ısısı düşük olduğu için, soğutma sisteminde dolaşması gereken akışkanın verdisi yüksektir. Çizelge 2.7'de Freon 12 (R12)'nin özellikleri ve performans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.7. Freon 12 (R12)'nin özellikleri ve performans değerleri (Işık 1994)

Kimyasal Formülü	Atmosfer Kaynama Sıcaklığı (°C)	Buharlaşma Isısı (kcal/kg)	Sıvının Özgül Ağırlığı (kg/dm ³)	Buharlaşma Basıncı (Atü)	Yoğuşma Basıncı (Atü)	Sıkıştırma Oranı	Dolaşımı Gerekli Akışkan (m ³ /h)	Performans Katsayısı	Gaz Çıkış Sıcaklığı (°C)
CCl ₂ F ₂	-29.8	36.2 (0°C)	1.33 (20°C)	0.83	6.53	4.08	1.81	4.70	38

2.1.2.2. Suyla ön soğutma sistemi

Suyla ön soğutma sistemi genel olarak; soğutma odası, su deposu, devirdaim su pompası, duşlama ve pülverizasyon sistemleri, kontrol panosu ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutma ünitesinden oluşmaktadır. Şekil 2.11'de suyla ön soğutma sisteminin şematik resmi, Şekil 2.12'de ise suyla ön soğutma sisteminin genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.11. Suyla ön soğutma sisteminin şematik resmi



Şekil 2.12. Suyla ön soğutma sisteminin genel görünüşü

Soğutma kabini 2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan yapılmıştır. Boyutları 850 x 800 x 1100 mm, hacmi ise 0.748 m³ 'dür. Kabinin ön kısmı kapaklı olarak tasarlanmış, arka kısmı ise ana gövdeye sabit olarak kaynak edilmiştir. Soğutma kabininin kapağı 2 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzemedan imal edilmiştir. Kapak ana gövdeye 2 adet menteşe ile bağlanmıştır. Kapak üzerinde kilitli bir kol bulunmaktadır. Sızdırmanın engellenmesi amacıyla kapak ile tank arasına, 25 mm genişliğinde, 30 mm kalınlığında yarım daire kesitli lastik conta yerleştirilmiştir.

Soğutma odasının yan duvarlarına, duşlama ünitelerinin asılması amacıyla kulaklar yerleştirilmiştir. Bu kulaklar duşlama başlıklarının açısını ayarlayabilmeye olanak tanıyacak şekilde dizayn edilmiştir. Ayrıca soğutma odasının tavanına, üzerinde 3 adet meme bulunan pülverizasyon sistemi yerleştirilmiştir. Duşlama sistemi, sistemde basınçlı suyla soğutma yapılmasına, pülverizasyon ünitesi ise sisleme şeklinde suyla ön soğutma yapılmasına olanak tanımaktadır. Pülverizasyon sisteminin su debisi 2.5 L min⁻¹, pülverizasyon ve duşlama sistemlerinin toplam debisi ise 7.1 L min⁻¹'dir. Her iki sistemin de üzerinde birer adet vana bulunmaktadır. Vanaların açılıp kapatılmasıyla istenilen sistem devreye sokulmaktadır.

Soğutma kabininin çevresine, ısı yalıtımının sağlanması amacıyla 12 mm kalınlığında 0.146538 kJ / m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Cam yününün çevresi ise 2 mm kalınlığındaki galvanizli sac ile kaplanmıştır.

Soğutulacak ürünü taşıyan kasaların konulması amacıyla 25 x 25 mm ölçülerindeki profilden yapılmış olan kafes şeklindeki kasa taşıyıcı yapı 4 adet tekerlek üzerine soğutma kabininin tabanına bağlanmıştır. Kasa taşıyıcı raylı bir yol üzerinde ileri-geri hareket ettirilebilmektedir.

Su deposu ana şasinin arka kısmında bulunmaktadır. Kalınlığı 2 mm olan paslanmaz çelik malzemedan, 980 x 780 x 700 mm boyutlarında ve 0.5351 m³ hacminde imal edilmiştir. İçerisine 2 adet serpantin şeklinde buharlaştırıcı yerleştirilmiştir. Su deposunun üst kısmına suyun doldurulması amacıyla 350 x 350 mm çapında 4 mm kalınlığındaki MDF malzemedan kapak yapılmıştır. Deponun alt kısmında 1 adet

boşaltma tapası yer almaktadır. Soğutucu kabinden tekrar sisteme dönen su, kendi cazibesiyle depoya geri dönmekte ve buradan tekrar sisteme 55 kW gücünde bir devirdaim su pompası yardımıyla basılmaktadır.

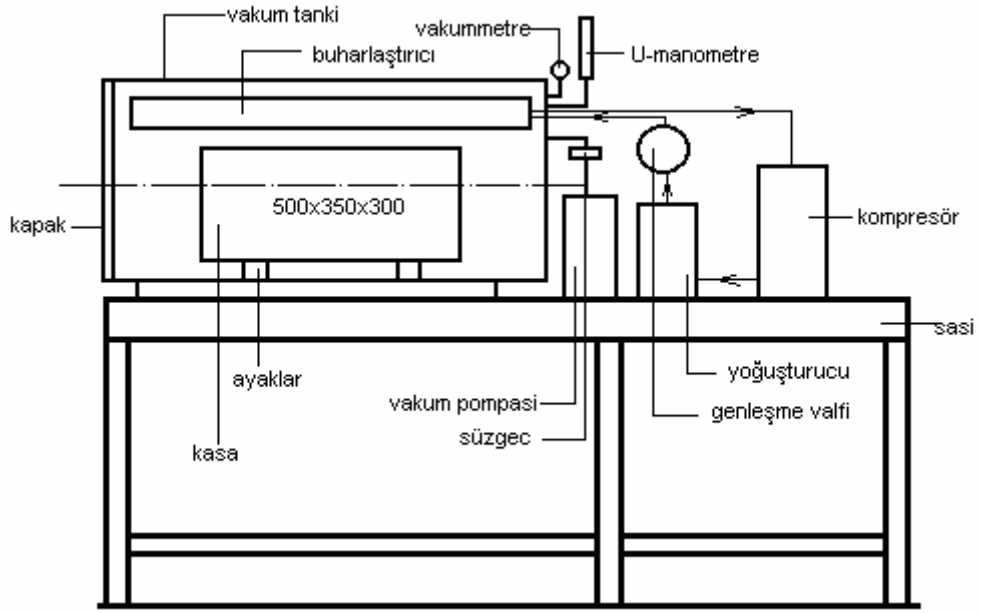
Isı yalıtımının sağlanması amacıyla, su deposunun çevresine 12 mm kalınlığında 0.146538 kJ / m² h °C ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Cam yününün çevresi ise 4 mm kalınlığındaki MDF ahşap malzeme ile kaplanmıştır.

Suyla soğutma sisteminde kullanılan buharlaştırıcı, 450 mm çapındaki sarmal yaylardan oluşan biri 10 sarımlı diğeri 9 sarımlı olan 2 adet serpantinden oluşmaktadır. Serpantin şeklindeki buharlaştırıcı, su deposunun içinde bulunmaktadır. Bakır borudan yapılmış buharlaştırıcı 17.5 mm çapında, 19.1 m uzunluğunda ve 1.05 m² yüzey alanına sahiptir.

Sistemde; 10 mm çapında, 59.28 m uzunluğunda, 1.8623 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapılmış 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.

2.1.2.3. Vakumla ön soğutma sistemi

Vakumla ön soğutma sistemi; vakum tankı, vakum pompası ve içinde buharlaştırıcı, yoğuşturucu, kompresör, genişleme valfi ve soğutucu akışkan bulunan soğutma ünitesinden oluşmaktadır. Şekil 2.13’de vakumla ön soğutma sisteminin şematik resmi, Şekil 2.14’de vakumla ön soğutma sisteminin genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.13. Vakumla ön soğutma sisteminin şematik resmi



Şekil 2.14. Vakumla ön soğutma sisteminin genel görünüşü

Vakum tankı 0.6 m çapında ve 1 m uzunluğunda silindirik şekilde tasarlanmıştır. Çok düşük basınç değerlerinde deformasyona uğramaması için 6 mm kalınlığında çelik sacdan yapılmıştır. Tankın ön kısmı kapaklı olarak tasarlanmış, arka kısmı ise ana gövdeye sabit olarak kaynak edilmiştir. Kaynakla bağlanan bu arka kısım üzerinde vakum hattının, buharlaştırıcı giriş çıkış kanallarının ve ölçüm aletlerinin bağlanabilmesini sağlayan 3 adet delik açılmıştır. Vakum tankının kapağı 6 mm kalınlığındaki çelik sacdan imal edilmiştir. Kapak ana gövdeye 2 adet menteşe ile bağlanmıştır. Sızdırmanın engellenmesi amacıyla kapak ile tank arasına 25 mm genişliğinde, 30 mm kalınlığında yarım daire kesitli lastik conta bağlanmıştır.

Soğutma tankının çevresine, ısı yalıtımının sağlanması amacıyla 12 mm kalınlığında $0.146538 \text{ kJ /m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ ısı geçiş katsayısına sahip cam yünü sarılmıştır. Cam yününün çevresi ise 0.25 mm kalınlığındaki galvanizli sac ile kaplanmıştır.

Vakum tankının tabanına soğutulacak ürünü taşıyan kasaların konulması amacıyla 30 x 40 mm ölçülerinde ve 420 mm uzunluğunda 2 adet profil kaynak edilmiştir. Vakum tankının tavanına ise buharlaştırıcının yerleştirilmesi amacıyla 4 adet kanca yerleştirilmiştir. Buharlaştırıcı bu kancalara asılmıştır.

Vakumla soğutma sisteminde, döner hareketli ve yağlı tip bir vakum pompası kullanılmıştır. Vakum pompası, emme kanalı, paletli santrifüj çark, ana gövde ve basma kanalından oluşmaktadır. Emme kanalı sistemde oluşan su buharının emilmesini sağlamaktadır. Üzerinde bulunan paletler yardımıyla santrifüj çark, emilen su buharını sıkıştırmaktadır. Basma hattı ise sıkıştırılmış su buharının çevreye atılmasını sağlamaktadır.

Vakum pompası sistem basıncının düşürülmesi, diğer bir ifadeyle sistemde vakum oluşturulması amacıyla kullanılmaktadır. Vakum pompasının sistemden emdiği su buharının içinde bulunan suyun, yağ kalitesini bozmaması amacıyla emme hattı üzerine suyu süzebilen bir filtre bağlanmıştır. Ayrıca basma hattı üzerine, pompanın sessiz çalışmasını sağlamak amacıyla bir egzoz yerleştirilmiştir. Sistemde kullanılan vakum pompasının (Carpanelli MMDE80B4, Italy) genel görünüşü Şekil 2.15'de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Vakum pompası

Vakumla ön soğutma sisteminde 13.5 mm çapında 7350 mm uzunluğunda 0.3116 m² yüzey alanına sahip bakır borudan yapıli 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 yapıli 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.

2.1.3. Ölçü aletleri ve diğer sistemler

2.1.3.1. Veri toplama cihazı

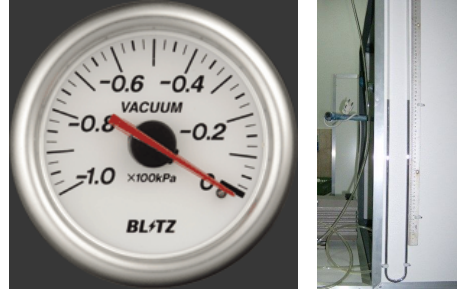
Ön soğutma sistemlerinde soğutma sırasında zamana bağlı sıcaklık azalmasının ölçülmesi amacıyla, 10 kanaldan sıcaklık ölçümü yapabilen bir veri toplama cihazından faydalanılmıştır. Veri toplama cihazı ve sıcaklık ölçüm probunun genel görünüşü, Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Veri toplama cihazı ve sıcaklık ölçüm probu

2.1.3.2. Vakummetre ve U-manometre

Vakumla soğutma sisteminde sistemde oluşan basınç değerinin ölçülmesi amacıyla ölçme aralığı 2.5 kpa olan analog vakummetre ve cıvalı U-manometreden yararlanılmıştır. Şekil 2.17’de vakummetre ve U-manometre gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Vakummetre ve cıvalı U-manometre

2.1.3.3. Monofaze ve trifaze elektrik sayaçları

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. Monofaze ve trifaze elektrik sayaçları Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Trifaze ve monofaze elektrik sayaçları

2.1.3.4. Tartım aletleri

Soğutulacak ürünlerin soğutucu kabinlere eşit ağırlıkta yerleştirilmesi ve ön soğutulmuş ürünlerin kontrollü atmosfer odası ile pazar koşullarının sağlandığı laboratuvar ortamına eşit miktarda tartılarak konulması amacıyla, 1 g hassasiyetli Baster marka terazi kullanılmıştır. Deneme materyallerinin içinde bulunan kül ve nem tayinlerinin yapılmasında ve materyallerin diğer teknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 0.0001 g hassasiyetli Sartorius marka terazi kullanılmıştır. Kullanılan dijital teraziler Şekil 2.19’da gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Çalışmada kullanılan dijital teraziler

2.1.3.5. Renk ölçüm cihazı

Deneme materyallerinin ön soğutma öncesinde, ön soğutma işleminden sonra, pazar koşullarında ve kontrollü atmosfer odasındaki dayanımlarının belirlenmesi amacıyla CR

300 colorimeter (Konica- Minolta, Osaka, Japan) marka bir renk ölçüm cihazından yararlanılmıştır. Renk ölçüm cihazı Şekil 2.20’de gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Renk ölçüm cihazı

2.1.3.6. Planimetre, kumpas ve laboratuvar malzemeleri

Deneme materyallerinin yaprak yüzey alanlarının belirlenmesi amacıyla Plagom marka bir dijital planimetreden yararlanılmıştır. Planimetre Şekil 2.21’de gösterilmiştir.



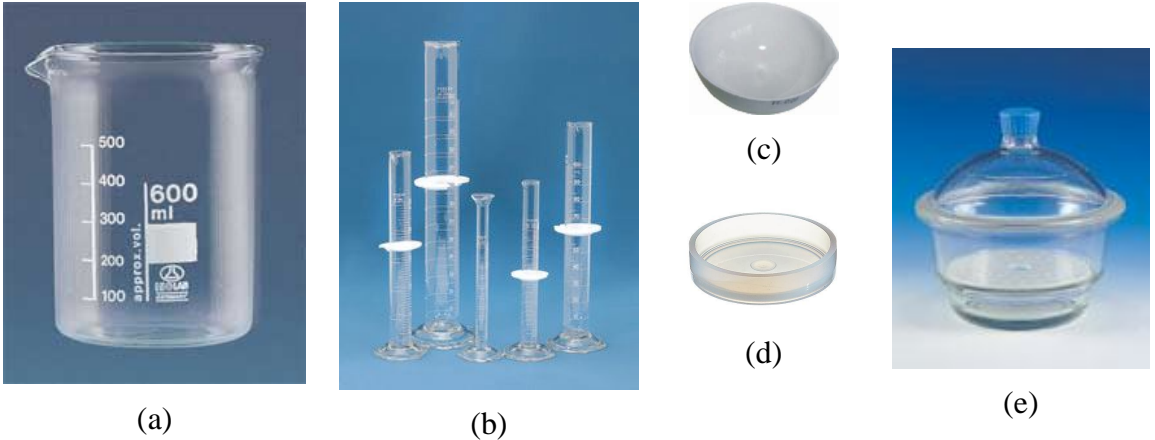
Şekil 2.21. Planimetre

Çalışmada kullanılan tarımsal ürünlerin en, boy ve kalınlık gibi boyutsal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Mitutoyo marka 0.01 mm hassasiyetli dijital bir kumpastan yararlanılmıştır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Dijital kumpas

Deneme materyallerinin hacimlerinin ve özgül ağırlıklarının ölçülmesinde cam ölçü silindirlerinden faydalanılmıştır. Biyolojik materyallerinin nem tayininde petri kapları, kül tayinlerinde ise porselen krozeler kullanılmıştır. Nem tayininde etüvden tartım için çıkarılan örneklerin dışarıdan nem çekmeden soğutulması için desikatörden yararlanılmıştır. Kullanılan laboratuvar malzemeleri Şekil 2.23’de gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Kullanılan laboratuvar malzemeleri; a: beher, b: cam ölçü silindirleri, c: porselen kroze, d: petri kabı, e: desikatör

2.1.3.7. Kontrollü atmosfer odası ve bekletme odası

Ön soğutulmuş ürünlerin dayanım süresinin ölçülmesi amacıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’ne ait Kontrollü Atmosfer Odası (KAO) kullanılmıştır. Şekil 2.24’de kontrollü atmosfer odasının genel görünüşü verilmiştir. Kontrollü atmosfer odasının sıcaklığı 1°C , oransal nemi $\%90 \pm 5$ ve atmosfer bileşimi ise 0:21 [$(\% \text{CO}_2 : \% \text{O}_2) - (0:21)\text{kontrol}$]’dir (Özer ve Masatçı 2000, Özer 2002, Akbudak ve Özer 2003, Akbudak ve ark. 2003).

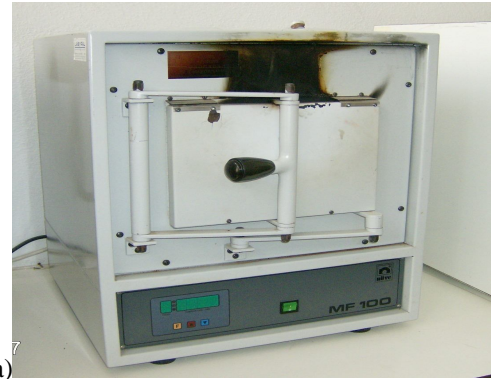
Çalışmada, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne ait Mekanik Teknoloji Laboratuvarı oda koşullarını sağlayan ortam olarak kullanılmıştır. Oda sıcaklığı $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ve oransal nemi %55-60'dır (Özer ve Masatçı 2000, Akbudak ve Özer 2003).



Şekil 2.24. Kontrollü atmosfer odasının genel görünüşü

2.1.3.8. Etüv ve kül fırını

Deneme materyallerinin nem tayinlerinin yapılabilmesi için hacmi 120 L olan Nüve FN 500 marka etüvden yararlanılmıştır. Etüv $100 - 250^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında ısıtma, kurutma, sterilizasyon gibi işlemlerin yapılmasına olanak tanımaktadır. Kül tayini için ise Nüve MF 100 marka bir kül fırınından yararlanılmıştır. Etüv Şekil 2.25.a'da, kül fırını ise Şekil 2.25.b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.25.(a). Etüvün genel görünüşü; (b).Kül fırınının genel görünüşü

2.1.3.9. Penetrometre

Materyal sertlikleri FT 327 marka penetrometrenin 5/16" lik ucuyla "kg" cinsinden ölçülmüştür. Penetrometre Bosch BS 45 marka bir taşıyıcı sehpa üzerine yerleştirilmiştir. Penetrometre, taşıyıcı sehpa ve penetrometrenin taşıyıcı sehpaaya bağlantısı Şekil 2.26'da gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Penetrometre, taşıyıcı sehpa ve penetrometrenin taşıyıcı sehpaaya bağlantısı

2.1.3.10. Kamera ve kronometre

Vakumla soğutma sisteminde vakummetre ve civalı U-manometreden ölçülen zamana bağlı basınç azalmasının kaydedilmesi amacıyla Sony DCR-HC30E marka bir kamera kullanılmıştır. Ön soğutma işlemlerinin zamanı Oregon marka dijital bir kronometre aracılığıyla ölçülmüştür. Kamera ve kronometre Şekil 2.27'de gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Kamera ve dijital kronometre

2.1.3.11. Plastik kasa

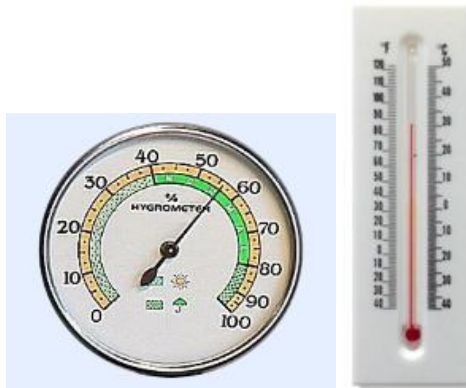
Ön soğutma denemelerinin tümünde ürünler, ağırlığı 2000 g, iç ölçüsü 340 x 500 x 300, dış ölçüsü ise 365 x 525 x 315 olan plastik kasalara konularak ön soğutulmuşlardır. Kontrollü atmosfer odasında ve pazar koşullarına ise ürünler ağırlığı 1000 g, iç ölçüsü 340 x 500 x 150, dış ölçüsü ise 365 x 525 x 170 olan plastik kasalara konulmuşlardır. Çalışmada kullanılan kasalar Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Çalışmada kullanılan plastik kasalar

2.1.3.12. Higrometre ve termometreler

Çalışmalarda dış ortam neminin ölçülmesi amacıyla ölçme aralığı %2.5 olan Aksan marka analog bir higrometre, dış ortam sıcaklığının ölçülmesi amacıyla ise ölçme aralığı 0.1°C olan 5 adet analog termometre kullanılmıştır. Analog higrometre ve termometre Şekil 2.29’da gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Analog higrometre ve termometre

2.2. Yöntem

Ön soğutmaya alınacak ürünler, tarladan yeni hasat edilmiş ürünlerdir ve yerel bir market aracılığıyla temin edilmişlerdir. Ön soğutma denemelerinin tümünde soğutulacak ürünlerin ağırlıkları 5000 ± 5 g olacak şekilde ayarlanmıştır.

Materyalde meydana gelen sıcaklık düşüşünün belirlenmesi için ön soğutucular içine 10 adet sıcaklık probu yerleştirilmiştir. Bu sıcaklık problemlerinin ikisi ürünlerin bulunduğu 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 neminin ölçülmesi için analog bir nemölçer ve dış ortam sıcaklığının ölçülmesi amacıyla 5 adet analog termometre kullanılmıştır.

Sıcaklık ölçüm problemleri ölçümlerden önce kalibre edilmişlerdir. Problemlerin kalibrasyonu iki şekilde yapılmıştır: önce 100°C sıcaklıkta kaynayan suya, ardından da 0°C 'de yarı dondurulmuş buzlu suya problemler batırılmış ve sıcaklık değerlerinin doğruluğu, aynı ortama yerleştirilmiş ikişer adet analog ve dijital termometre değerleriyle de karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.

Ön soğutma işlemleri, tesadüf parselleri deneme tekniğine göre oluşturulmuş ve denemeler 3 tekrürde gerçekleştirilmiştir. Bu üç tekrürden elde edilen verilerin ortalaması alınarak, sisteme ait değerler elde edilmiştir.

Ön soğutma işlemleri sırasında oluşan enerji tüketiminin belirlenmesi amacıyla, ön soğutma sistemleri enerji sayaçlarına bağlanmıştır. Böylece, sistemin şebekeden çektiği enerji miktarı, bir kronometre yardımıyla zamana bağlı olarak ölçülmüştür.

2.2.1. Havayla ön soğutma yöntemi

Soğutma kabının sıcaklığı ön soğutma için istenen sıcaklığa erişinceye kadar havayla ön soğutma sistemi boşa çalıştırılmıştır. İstenen soğutma sıcaklığına ulaşıldığında ise kapak açılarak, sisteme ürün yüklemesi yapılmıştır. Hava sıcaklığının istenen sıcaklığa ulaşip ulaşmadığı, sistem içine yerleştirilen ve veri toplama cihazına bağlı olan 2 adet sıcaklık probu aracılığıyla bilgisayardan kontrol edilmiştir.

Havayla ön soğutma sisteminde sistemin sıcaklığı 1°C'ye ayarlanmıştır. Soğutma işlemleri soğutulacak olan ürünün konulduğu kasanın merkezine konulan her iki prob da 1°C'yi gösterinceye kadar sürdürülmüştür. Hava sirkülasyonu doğal olmayıp, sistem içine yerleştirilen ve hızı 1 m s⁻¹ olan bir fan aracılığıyla zoraki olarak yapılmaktadır. Ön soğutma sırasında oluşan enerji tüketiminin ölçülmesi amacıyla sistem, Kaan marka monofaze bir elektrik sayacına bağlanmıştır. Sıcaklık ölçüm problemleri, sistem içine sızıntı olmayacak şekilde kapak arasından geçirilmek suretiyle yerleştirilmiştir.

2.2.2. Suyla ön soğutma yöntemi

Suyla ön soğutma yöntemi duşlama tekniği ile yüksek basınçlı suyla soğutma ve pülverizasyon tekniği ile düşük basınçlı suyla soğutma olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Duşlama sisteminin debisi 7.1 L min⁻¹, pülverizasyon sisteminin debisi ise 2.5 L min⁻¹ olarak tasarlanmıştır.

Depo içindeki suyun sıcaklığı ön soğutma için istenen sıcaklığa erişinceye kadar sistem boşa çalıştırılmıştır. Depo suyu istenen soğutma sıcaklığına ulaşıldığında ise kapak açılarak sisteme ürün yüklemesi yapılmış ve su sirkülasyonu sağlanarak sistem çalıştırılmıştır. Su sıcaklığının istenen sıcaklığa ulaşip ulaşmadığı su deposu içine yerleştirilen ve veri toplama cihazına bağlı olan iki adet sıcaklık probu aracılığıyla bilgisayardan kontrol edilmiştir.

Suyla ön soğutma sisteminde depo içerisindeki suyun sıcaklığı 1°C'ye ayarlanmıştır. Soğutma işlemleri soğutulacak olan ürünün konulduğu kasanın merkezine konulan her

iki prob da 1°C'yi gösterinceye kadar sürdürülmüştür. Ön soğutma sırasında oluşan enerji tüketiminin ölçülmesi amacıyla sistem trifaze bir elektrik sayacına bağlanmıştır. Sıcaklık ölçüm problemleri sistem içine kapak arasından geçirilmek suretiyle yerleştirilmiştir.

Sistemde bulunan bir devirdaim su pompası yardımıyla sisteme ön soğutma sırasında basılan su, geri dönüş kanallarından kendi cazibesıyla geçerek tekrar su deposundaki suya karışmaktadır.

2.2.3. Vakumla ön soğutma yöntemi

Vakumla ön soğutma sisteminin sızdırmazlığını test etmek amacıyla ön soğutma işlemlerinden önce sistem boşta çalıştırılarak test edilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri tank içine ölçü aletlerinin yerleştirilmesi amacıyla açılan 20 mm'lik silindirik ağızdan yerleştirilmiş ve bu işlemde sonra ölçüm ağzının ucu sızdırmaz bir şekilde silikonla kaplanmıştır.

Tank içerisindeki vakum değeri 1 adet analog vakummetre ve bir adet civalı U-manometre ile ölçülmüştür. Vakum ölçerlerin ölçtüğü değerlerin sağlıklı bir şekilde kaydedilmesi amacıyla bir kamera kullanılmıştır. Kamera, kronometre modunda çalıştırılmış ve böylece sistemin zamana bağlı basınç düşümü kaydedilmiştir.

Sistemin basıncı, sistemde buharlaşmanın en fazla olduğu parlama noktasına karşılık gelen 2.9 kPa değerine ulaşıncaya, 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 ayarında çalıştırılmıştır.

Vakumla ön soğutma işlemleri soğutulacak olan ürünün konulduğu kasanın merkezine konulan her iki prob da 1°C'yi gösterinceye kadar sürdürülmüştür. Ön soğutma sırasında oluşan enerji tüketiminin ölçülmesi amacıyla, soğutma sistemi ve vakum pompası monofaze bir elektrik sayacına bağlanmıştır.

2.2.4. Renk ölçüm yöntemi

Renk ölçümünde yapraklı ürünlerin ve baklanın renk değerleri ölçülmüştür. Renk okumaları her örnek için yaprağın ya da bakla kılıfının her iki yüzünden de ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Rasgele seçilen 10 yaprağın renk ölçümlerinin ortalamaları alınarak renk değerleri belirlenmiştir. Renk ölçüm cihazının kalibrasyonu, standart beyaz bir fayans kullanılarak gerçekleştirildikten sonra renk okumaları alınmıştır.

Cihazın gösterdiği L değeri rengin parlaklığını vermektedir. Bu değer renk beyaz ise 0'ı siyah ise 100'ü göstermektedir. Cihazda okunan a değeri ise rengin kırmızılık ya da yeşillik değerini vermektedir. Renk kırmızılığa kaydığında cihazda pozitif değerler, yeşillığe kaydığında ise negatif değerler okunmaktadır. Bir başka deyişle cihaz tam kırmızıda +50, tam yeşilde ise -50 değerini göstermektedir. Cihazda okunan b değeri ise rengin sarılık ya da mavilik oranını vermektedir. Renk sarılığa kaydığında cihazda pozitif değerler, maviliğe kaydığında ise negatif değerler okunmaktadır. Başka bir anlatımla cihaz tam sarı renkte +50, tam mavi renkte ise -50 değerini göstermektedir. Rengin kroması C ile renk açısı ise α ile gösterilmektedir. C ve α değerleri a ve b değerlerinden yararlanılarak hesaplamalarla aşağıdaki şekilde bulunmuştur (Alibas, 2006) (2.1) (2.2).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \tan^{-1}(b/a) \quad (2.2)$$

Renk ölçüm işlemleri yapraklı ürün olmaması ve kabuk kısmının gıda maddesi olarak kullanılmamasından dolayı enginar da yapılmamıştır. Enginar haricindeki her ürün için renk ölçümlerinin yapıldığı aşamalar şu şekilde sıralanmıştır.

- a. Ön soğutma işleminden önce (taze ürün),
- b. Ön soğutma işlemlerinden hemen sonra,
- c. Kontrollü atmosfer odasında bekleme süresi boyunca 0, 15 ve 30. günlerde,
- d. Pazar koşullarında bekleme süresi boyunca 0, 15 ve 30. günlerde.

Renk ölçümleri, yaprağın hem ön yüzünden hem de arka yüzünden değer alınarak gerçekleştirilmiştir. Yukarıda sıralanan her aşamada rengi okunacak örnekler ürün yığını içinden rasgele seçilmiştir. Her ölçüm işleminde 10 örnek kullanılmış ve renk değerleri bu 10 örneğin değerlerinin ortalaması olarak verilmiştir.

2.2.5. Biyolojik malzemenin teknik özelliklerini belirleme yöntemleri

Yapraklı bitkilerde yaprak, baklada dış kılıf, enginarıda ise kafa kısmının boyutsal özellikleri ölçülmüştür. Çalışmada bahsi geçen kısımların genişlik, kalınlık, uzunluk, yüzey alanı, küresellik, hacim, ağırlık, özgül ağırlık değerleri, yaş baza göre %nem içeriği ve sap kopma dirençleri ölçülmüştür.

Her özelliği belirlemek için yığın demeti içinden rasgele 100 ürün seçilmiş ve bu 100 ürünün ölçüm değerlerinin ortalaması alınarak materyallerin teknik özellikleri belirlenmiştir.

2.2.5.1. Boyutsal özellikleri belirleme yöntemi

Genişlik, kalınlık ve uzunluk değerlerinin ölçülmesi için 0.01 mm hassasiyetli dijital bir kumpas kullanılmıştır.

Yüzey alanının belirlenmesi için önce yaprakların her biri ölçekli kağıtlara çizilmişlerdir. Sonra bu kağıtlar üzerinden planimetreyle geçilerek yaprak alanları belirlenmiştir. Baklada ise baklalar öncelikle kılçık kısımlarından ikiye ayrılmış ve böylece yüzey alanı bir düzlem haline getirilmiştir. Düz bir yüzey haline getirilen bakla kılıfları tek tek ölçekli kağıtlara çizilip üzerinden planimetreyle geçilerek baklanın yüzey alanı belirlenmiştir. Enginarın küresel ve katmanlı yapısından dolayı yüzey alanı planimetre ile ölçülememiş, yüzey alanı boyutsal özelliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır (2.3).

Küresellik ise materyallerin genişlik, uzunluk ve kalınlık değerleri kullanılarak hesaplama yöntemi ile belirlenmiştir (Işık, 2003) (2.4).

$$Ae = 4\pi r^2 \quad (2.3)$$

Burada;

Ae : Enginarın yüzey alanı (cm^2),

r : ortalama geometrik yarıçap (cm).

$$\phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (2.4)$$

Burada;

Φ : Küresellik (%),

L : Biyolojik malzemenin uzunluğu (mm),

W : Biyolojik malzemenin genişliği (mm),

T : Biyolojik malzemenin kalınlığı (mm) dir.

Yuvarlaklık oranı yapraklı ürünlerde hesaplanmıştır. Bu değer en keskin köşenin eğrilik yarıçapının ürünün ortalama çapına oranlanmasıyla bulunmaktadır (Işık 2003) (2.5).

$$YO = \frac{r}{R} \quad (2.5)$$

Burada;

YO : Yuvarlaklık Oranı

r : En keskin köşenin eğrilik yarıçapı (mm),

R : Ürünün ortalama çapı (mm) dir.

Materyallerin geometrik yapıları dikkate alınarak küresellik değeri bakla ve enginarıda, yuvarlaklık oranı ise karalahana, pazı, semizotu ve ıspanakta hesaplanmıştır.

2.2.5.2. Hacim ve özgül ağırlık belirleme yöntemi

Her ürün için ürün yığını içinden rasgele seçilen 100 numunenin ağırlık ölçümleri 0.0001 g hassasiyetli terazi ile yapılmıştır. Numunelerin hacimlerinin ölçülmesi amacıyla cam ölçü silindirinden faydalanılmıştır. Cam ölçü silindiri belli bir ölçüye kadar suyla doldurulmuştur. Örnekler suyla dolu ölçü silindirine konulmuşlar ve taşan sıvı miktarı okunarak her örneğe ait hacim belirlenmiştir. Örneklerin özgül ağırlık değerleri ağırlık ve hacim değerleri yardımıyla bulunmuştur (Işık 2003) (2.6).

$$\gamma = \frac{G}{v} \quad (2.6)$$

Burada;

γ : Özgül ağırlık (g.m^{-3}),

G : Materyalin birim ağırlığı (g),

v : Materyalin hacmi (m^3) dir.

2.2.5.3. Nem ve kül tayini

Nem tayini için sıcaklığı 105°C ye ayarlanmış bir etüv kullanılmıştır. Nem tayini yapılacak örnekler petri kapları içine konularak etüve yerleştirilmiştir. Hassasiyeti 0.0001 g olan dijital bir terazi yardımıyla, her yarım saatte bir etüve konulan örneklerin tartım işlemleri yapılmıştır. Örnekler etüvden her çıkarıldıklarında dış ortamdan nem kapmadan soğutulmaları amacıyla bir desikatöre konularak bekletilmişler daha sonra tartıma alınmışlardır. Tartım işlemlerinden elde edilen sonuç sabitlenene kadar örnekler nem tayini için etüvde bekletilmişlerdir. Böylece ilk ağırlıkları alınmış olan her örneğin etüvde bekletilmesi sonunda kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Örneklerin kuru ağırlık ve toplam ağırlık değerlerinden yola çıkılarak, yaş baza göre nem içeriği tespit edilmiştir (Işık ve Alibas 2000, Uylaşer ve Başoğlu 2000) (2.7) (2.8).

$$W_s = W_t - W_m \quad (2.7)$$

$$\%N_{yb} = \frac{W_s}{W_s + W_m} 100 \quad (2.8)$$

Burada;

W_s : Biyolojik materyaldeki su ağırlığı (g),

W_m : Biyolojik materyaldeki kuru madde ağırlığı (g),

W_t : Biyolojik materyalin toplam ağırlığı (g),

$\%N_{yb}$: Yaş baza göre nem içeriği (%) dir.

Kül tayini için kül fırını kullanılmıştır. Materyaller kül fırınına porselen krozeler içine konularak yerleştirilmişlerdir. Kül tayini için fırına konulacak her materyalin fırına konulmadan önceki nem tayinleri yapılmıştır. Buna göre materyallerin fırına konmadan önceki hava kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Kül fırınının sıcaklığı 550°C'ye ayarlanmıştır. Kül fırını içine konulan örneklerden her yarım saatte bir 0.0001 g hassasiyetli dijital bir terazi ile ağırlık ölçümü alınmıştır. Örnekler kül fırınından her çıkarıldıklarında dış ortamdan nem kapmadan soğutulmaları amacıyla bir desikatöre konularak bekletilmişler daha sonra tartıma alınmışlardır. Tartım işlemlerinden elde edilen sonuçlar sabitleninceye dek örnekler kül fırınında bekletilmişlerdir. Böylece hava kuru ağırlıkları alınmış olan her örneğin kül fırınında bekletilmesi sonundaki fırın kuru ağırlık değerleri elde edilmiştir. Örneklerin hava kuru ağırlık ve fırın kuru ağırlık değerlerinden yola çıkılarak “% organik madde” ve “% mineral madde” değerleri tespit edilmiştir (Uylaşer ve Başoğlu 2000) (2.9) (2.10).

$$\%Organik = \frac{HKT - FKT}{FKT} 100 \quad (2.9)$$

$$\%Mineral = 100 - \%Organik \quad (2.10)$$

Burada;

HKT: Hava kuru ağırlığı (g),

FKT: Fırın kuru ağırlığı (g),

%Organik: Biyolojik materyalin içindeki organik madde miktarı (%),

%Mineral: Biyolojik materyalin içindeki mineral madde (kül) miktarı (%)dır.

2.2.6. İstatistik yöntemleri

2.2.6.1. En küçük anlamlı fark (LSD)

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 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.

2.2.6.2. Non-linear regresyon analizi

Veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen zamana bağlı sıcaklık değerleri non-linear regresyon analizi yapan NLREG (NLREG 6.3) programına “Denklem 2.11” kullanılarak girilmiştir. Böylece ölçülen değerlerden yola çıkılarak, istatistik programının tahmin ettiği sıcaklık değerleri saptanmıştır. Nonlinear regresyon analizinin sonuçları soğutma katsayısını (CR), tahminin standart hatasını (SEE) ve regresyon modeli karar katsayısını (R^2) vermektedir (Sherrod 2001).

$$T = T_i + [T_m \cdot \exp(CR \cdot t)] \quad (2.11)$$

Burada;

T : Veri toplama cihazı aracılığıyla ölçülen sıcaklık değeri ($^{\circ}C$),

T_i : Ürünün ön soğutma işlemi sonunda ulaşması istenen sıcaklık değeri ($^{\circ}C$),

T_m : Materyalin soğutulmadan önceki sıcaklığı ($^{\circ}C$),

CR : Soğutma katsayısı

t : Zaman (s)

2.2.7. Ön soğutma sonrası muhafaza yöntemleri

2.2.7.1. Kontrollü atmosfer odasında depolama yöntemi

Çalışmada, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait olan kontrollü atmosfer odası (KAO) kullanılmıştır. Kontrollü atmosfer odasında bekletilen ürünler bekletilme sırasında dar kasalara konulmuşlardır. Kontrollü atmosfer odasına ön soğutma yapılmamış, havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ve vakumla soğutulmuş materyallerden 1000 ± 5 g (1 g hassasiyetli Baster marka terazi kullanılarak) ağırlığında tartılmış 3'er örnek konulmuştur. Bu örnekler dar kasalara yerleştirilerek kontrollü atmosfer odasına alınmışlardır.

Kontrollü atmosfer odasında karalahana ve baklanın renk ölçümleri 0. gün, 15. gün ve 30. günlerde; pazı, semizotu ve ıspanağın renk ölçümleri ise 0. gün ve 15. günlerde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Özer ve Masatçı 2000). Yenen kısmının kabuk içinde kalması nedeniyle enginar bitkisinde renk ölçümü yapılmamıştır. Renk ölçüm yöntemi 2.2.4'de açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Kontrollü atmosfer odasına, 1000 g ağırlığında tartılıp 3 tekerrürlü olarak konulan ürünlerin, kontrollü atmosfer odasında 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır (Özer ve Masatçı 2000, Özer 2002, Akbudak ve Karabulut 2002, Akbudak ve Özer 2003, Akbudak ve ark. 2003).

Materyal sertlik değerlerine sadece bakla ve enginar bitkilerinde bakılmıştır. Yapraklı ürün olması nedeniyle pazı, karalahana, ıspanak ve semizotunda sertlik değerine bakılmamıştır. Materyal sertlikleri penetrometrenin 5/16" lik ucuyla "kg" cinsinden ölçülmüştür. Penetrometrenin üzerine yerleştirildiği sehpanın ölçüm alanına

yerleştirilen materyallerin üst kısmı penetrometre ucu ile temas ettirilerek penetrometre kolu ve uc vidası yardımıyla sıkıştırılmıştır. Böylece sertlik değerleri penetrometrenin kadranından okunmuştur.

2.2.7.2. Oda koşullarında depolama yöntemi

Oda koşullarına ön soğutma yapılmamış, vakumla, havayla, basınçlı suyla ve suyla soğutulmuş materyallerden 1000 ± 5 g (1 g hassasiyetli Baster marka terazi kullanılarak) ağırlığında tartılmış 3'er örnek konulmuştur. Bu örnekler dar kasalara yerleştirilerek kontrollü atmosfer odasına alınmışlardır.

Oda koşullarında karalahana ve baklanın renk ölçümleri 0. gün, 5. gün ve 10. günde; pazı, semizotu ve ıspanağın renk ölçümleri ise 0. gün ve 5. günde 3'er tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Yenen kısmının kabuk içinde kalması nedeniyle enginar bitkisinde renk ölçümü yapılmamıştır. Renk ölçüm yöntemi 2.2.4.de açıklandığı şekilde yapılmıştır.

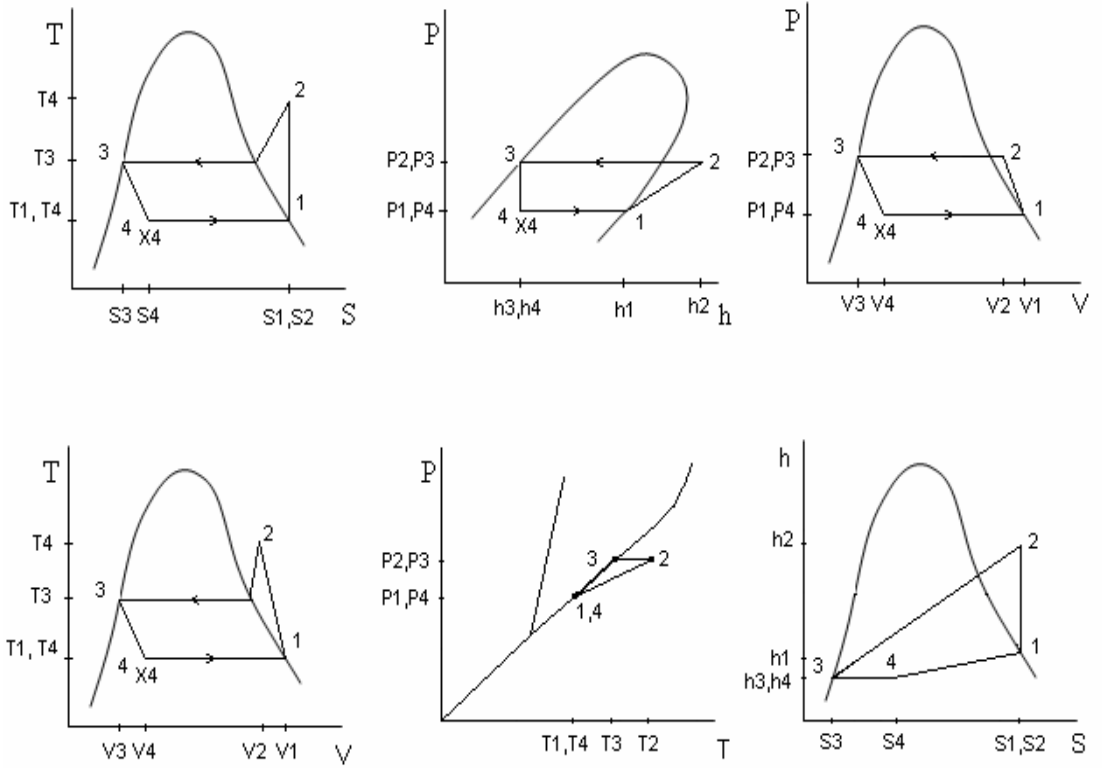
Oda koşullarına 3 tekerrürlü olarak, 1000 g ağırlığında tartılıp konulan ürünlerin oda koşullarında bekletilme süresi boyunca her gün ağırlık kaybı değerleri belirlenmiştir (Özer ve Masatçı 2000, Akbudak ve Özer 2003).

Ayrıca oda koşullarında tüm materyallerin genel görünüm derecelerine bakılmıştır. Bakla ve enginarın sertlik ölçümleri 0. 5. ve 10. günlerde yapılmıştır. Yapraklı ürün olmaları nedeniyle karalahana, pazı, ıspanak ve semizotunda sertlik ölçümleri yapılmamıştır.

2.2.8. Sistemlerin termodinamik çözümlenmesi

2.2.8.1. Soğutma çevriminin köşe noktalarına ilişkin termodinamik özelliklerin belirlenmesi

Şekil 2.31’de Soğutma sistemine ilişkin termodinamik diyagramlar verilmiştir.



Şekil 2.31. Soğutma sistemlerine ilişkin T-S (Sıcaklık-Entropi), P-h (Basınç-Entalpi), P-V (Basınç-Hacim), T-V (Sıcaklık-Hacim), P-T (Basınç-Sıcaklık) ve h-S (Entalpi-Entropi) diyagramları; 1-2: Kompresörde sabit entropide (adyabatik) sıkıştırma,

2-3: Sabit basınçta yoğuşturucuda yoğuşma,

3-4: Sabit entalpide genleşme valfinda kısılma,

4-1: Sabit basınçta buharlaştırıcıda buharlaşma.

1 noktasına ait termodinamik özelliklerin belirlenmesi

T_1 : Soğutma kabınınin sıcaklığı (°K)

$T_1 = 274^\circ\text{K} = 1^\circ\text{C}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki buhar hacmi değeri)

$P_1 = P_{b1}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar basıncı değeri)

$V_1 = V_{b1}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar hacmi değeri)

$S_1 = S_{b1}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar entropisi değeri)

$h_1 = h_{b1}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş buhar entalpisi değeri)

$X_1 = 1$ (doymuş buhar)

3 noktasına ait termodinamik özelliklerin belirlenmesi

T_3 : Dış ortam sıcaklığı (°K)

$T_3 = 23^\circ\text{C} = 296^\circ\text{K}$ (Karalahana-HOS, SOS; Pazı-SOS; Ispanak-HOS, BSOS; Semizotu-VOS; Bakla-HOS; Enginar-HOS) (Dış ortam sıcaklığı-ürünün ilk sıcaklığı)

$T_3 = 23.5^\circ\text{C} = 296.5^\circ\text{K}$ (Karalahana-BSOS; Pazı-HOS, BSOS; Ispanak-VOS, SOS; Semizotu-HOS, BSOS, SOS; Bakla-BSOS; Enginar-VOS) (Dış ortam sıcaklığı-ürünün ilk sıcaklığı)

$T_3 = 24^\circ\text{C} = 297^\circ\text{K}$ (Karalahana-VOS; Pazı-VOS; Bakla-VOS, SOS; Enginar-SOS, BSOS) (Dış ortam sıcaklığı-ürünün ilk sıcaklığı)

$P_3 = P_{s3}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş sıvı basıncı değeri)

$V_3 = V_{s3}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş sıvı hacmi değeri)

$S_3 = S_{s3}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş sıvı entropisi değeri)

$h_3 = h_{s3}$ (Freon12 gazının 1°C sıcaklıkta yaş buhar durumundaki doymuş sıvı entalpisi değeri)

$X_3 = 0$ (doymuş sıvı)

2 noktasına ait termodinamik özelliklerin belirlenmesi

$S_1 = S_2$ (Sabit entropili (adyabatik) durum değişimi)

$P_3 = P_2$ (Sabit basınçlı durum değişimi)

T_2 : (Freon12 Kızgın buhar değerlerinden P_2 basıncı ve S_2 entropi değerlerinin karşılaştırılmasıyla okunan sıcaklık değeri)

$T_2 = 298.4574^\circ\text{K}$ ($T_3 = 296^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

$T_2 = 298.5123^\circ\text{K}$ ($T_3 = 296.5^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

$T_2 = 298.6715^\circ\text{K}$ ($T_3 = 297^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

V_2 : (Freon12 Kızgın buhar değerlerinden P_2 basıncı ve S_2 entropi değerlerinin karşılaştırılmasıyla okunan hacim değeri)

$V_2 = 0.0298101^\circ\text{K}$ ($T_3 = 296^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

$V_2 = 0.0297765^\circ\text{K}$ ($T_3 = 296.5^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

$V_2 = 0.0297429^\circ\text{K}$ ($T_3 = 297^\circ\text{K}$ olan tüm soğutma işlemleri için)

h_2 : (Freon12 Kızgın buhar değerlerinden P_2 basıncı ve S_2 entropi değerlerinin çakıştırılmasıyla okunan entalpi değeri)

$$h_2 = 200.19071^\circ\text{K} \quad (T_3 = 296^\circ\text{K} \text{ olan tüm soğutma işlemleri için})$$

$$h_2 = 200.21394^\circ\text{K} \quad (T_3 = 296.5^\circ\text{K} \text{ olan tüm soğutma işlemleri için})$$

$$h_2 = 200.23719^\circ\text{K} \quad (T_3 = 297^\circ\text{K} \text{ olan tüm soğutma işlemleri için})$$

4 noktasına ait termodinamik özelliklerin belirlenmesi

$$P_1 = P_4 \text{ (Sabit basınçlı durum değişimi)}$$

$$h_3 = h_4 \text{ (Sabit entalpide (adyabatik) durum değişimi)}$$

$$T_1 = T_4 \text{ (Sabit basınçlı durum değişimi)}$$

$$X_4 = \frac{h_4 - h_{s_4}}{h_1 - h_4} \quad (2.12)$$

$$V_4 = V_{s_4} + X_4 (V_{b_4} - V_{s_4}) \quad (2.13)$$

$$S_4 = S_{s_4} + X_4 (S_{b_4} - S_{s_4}) \quad (2.14)$$

2.2.8.2. Soğutma sisteminden sızan ısı (soğuk ortamdan kaldırılan ısı)

Soğuk ortamdan kaldırılan ısı, soğutma sistemine dışarıdan sızan ısı, soğutucudaki tarımsal materyalin soğuması için materyalden çekilmesi gereken ısı, ürünün yaydığı ısı, kapı açılmasıyla kaybolan ısı ve soğuk depo içerisinde aydınlatma havalandırma vb. nedeniyle oluşan ısı enerjilerinin toplamından oluşur (Yavuzcan 1968).

$$Q_t = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d + Q_e \quad (2.15)$$

Burada;

Q_r : Soğutma sisteminden sızan ısı (soğuk ortamdan kaldırılan ısı) (kj)

Q_a : Duvarlardan gelen ısı kaybı (kj),

Q_b : Tarımsal materyalin soğutulması için materyalden alınması gereken ısı enerjisi (kj),

Q_c : Ürünün yaydığı soğutma işlemi sırasında yaydığı ısı (kj)

Q_d : Soğutma sisteminin kapısının açılmasıyla olan ısı kaybı (kj)

Q_e : Soğuk depo içerisinde aydınlatma, havalandırma vb. gibi düzenler nedeniyle oluşan ısı kaybı (kj)

$$Q_a = \frac{k}{d_1} F(t_2 - t_1) \quad (2.16)$$

Burada;

Q_a : duvarlardan gelen ısı kaybı (kj),

k : soğuk hava deposunun cidarlarının ısı iletim katsayısı (kj / m h °C) (cam yününün ısı iletim katsayısı 0.146538 kj / m h °C olarak alınmıştır),

d_1 : izolasyon kalınlığı (m) (12 mm kalınlığında cam yünü kullanılmıştır. Galvenizli sac yüzey hesaba katılmamıştır),

F : soğutucu ünitenin tüm kenarlarının toplam yüzey alanı (HOS, SOS, BSOS için 4.99 m²; VOS için 2.45 m²)

t_2 : dış ortam sıcaklığı (°C),

t_1 : soğuk hava deposunda depolanacak ürünün ulaşması beklenen sıcaklık (1°C)

$$Q_b = \frac{G \cdot c(t_2 - t_1)}{h} \quad (2.17)$$

Burada;

Q_b : Tarımsal materyalin soğutulması için materyalden alınması gereken ısı enerjisi (kj),

G : Ürün miktarı (kg) : (5 kg)

c : Ürünün özgül ısısı (kj / kg °C) 3.77 kj /kg °C olarak alınmıştır (ürünlerin özgül ısuları 3,68 ile 3,85 arasında değişmektedir. Ortalama olarak 3.77 kj /kg °C alınmıştır).

t_1 : Ürünün ilk sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) [(Karalahana-HOS, SOS; Pazı-SOS; Ispanak-HOS, BSOS; Semizotu-VOS; Bakla-HOS; Enginar-HOS için $23^{\circ}\text{C} = 296^{\circ}\text{K}$), (Karalahana-BSOS; Pazı-HOS, BSOS; Ispanak-VOS, SOS; Semizotu-HOS, BSOS, SOS; Bakla-BSOS; Enginar-VOS için $23.5^{\circ}\text{C} = 296.5^{\circ}\text{K}$), (Karalahana-VOS; Pazı-VOS; Bakla-VOS, SOS; Enginar-SOS, BSOS için $24^{\circ}\text{C} = 297^{\circ}\text{K}$)]

t_2 : Ürünün son sıcaklığı ($1^{\circ}\text{C} = 274^{\circ}\text{K}$)

h : Soğutma süresi (h).

Ürünlerin hasat sonrası yaydıkları ısı miktarı cinslerine bağlı olarak değişmekle beraber depolamaya alınan ürünler için bu değer $4187 \text{ kJ} / \text{ton.24h}$ olarak alınmıştır. Bu değer 5 kg ürün için $0,87 \text{ kJ}$ olarak belirlenmiştir (Yavuzcan, 1968). $Q_c = 0.87 \text{ kJ}$

Deneyle süresince soğutma sisteminin kapısı açılmadığından bu değer “0” olarak kabul edilmiştir (Yavuzcan, 1968). $Q_d = 0$

Soğutma sistemleri içinde aydınlatma, havalandırma vb. bir düzenek olmadığından bu değer “0” olarak alınmıştır (Yavuzcan, 1968). $Q_e = 0$

$$q_{4,1} = (h_1 - h_4) \quad (2.18)$$

$$Q_{4,1} = q_{4,1} \cdot m = Q_t \quad (2.19)$$

$Q_{4,1}$: Soğuk ortamdan kaldırılan ısı (kJ)

$q_{4,1}$: Birim kütle için soğuk ortamdan kaldırılan ısı (kJ kg^{-1})

2.2.8.3. Isı pompasında devredilmesi gereken soğutucu akışkan miktarı

$$m = \frac{Q_t}{q_{4,1}} \quad (2.20)$$

m : Isı pompasında devredilmesi gereken soğutucu akışkan miktarı (kg),

2.2.8.4. Sıcak ortama verilen ısı

$$q_{2,3} = (h_2 - h_3) \quad (2.21)$$

$$Q_{2,3} = m.(h_2 - h_3) \quad (2.22)$$

$Q_{2,3}$: Sıcak ortama verilen ısı (kj),

2.2.8.5. Kompresöre verilen iş

$$W_{1,2} = Q_{2,3} - Q_{4,1} = m.(h_2 - h_1) \quad (2.23)$$

$W_{1,2}$: Kompresöre verilen iş (kj),

2.2.8.6. Soğutma ve ısıtma katsayıları

$$\varepsilon_{so} = \frac{Q_{4,1}}{W_{1,2}} = \frac{m.(h_1 - h_4)}{m.(h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.24)$$

$$\varepsilon_{is} = \frac{Q_{2,3}}{W_{1,2}} = \frac{m.(h_2 - h_3)}{m.(h_2 - h_1)} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (2.25)$$

ε_{so} : Soğutma katsayısı

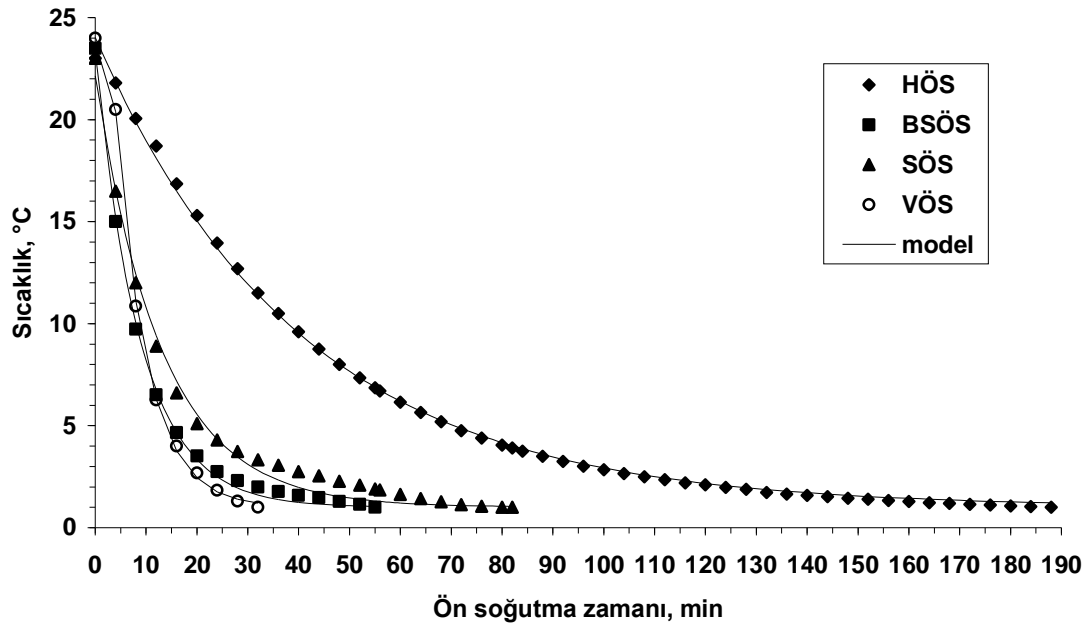
ε_{is} : Isıtma katsayısı

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Karalahana Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.1.1. Karalahana bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Karalahananın havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalması Şekil 3.1’de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan karalahanaların ilk sıcaklıklarının sırasıyla, 23°C, 24°C, 23°C ve 23.5°C olduğu belirlenmiştir. Karalahana kasalarının merkezine 2 adet, sağ sol, ön ve arka kenarlarına 1’er adet, üst ve altına 1’er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Soğutma işlemlerine kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C’yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise kasalara yerleştirilen 8 adet sıcaklık ölçüm probundan alınan verilerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Vakumla ön soğutma yönteminin 32 dakika ile en kısa, havayla ön soğutma yönteminin ise 188 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin, havayla ön soğutma yöntemine göre 5.87 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği tespit edilmiştir. Suyla ön soğutma 82 dakika, basınçlı suyla ön soğutma ise 55 dakika sürmüştür. Su debisinin 2.5 L min^{-1} dan 7.1 L min^{-1} ya çıkarılması ile soğutma zamanında 1.30 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde soğutma süresi vakumla ön soğutma yöntemine göre sırasıyla 1.71 ve 2.56 kat artmış; havayla ön soğutma yöntemine göre ise 3.41 ve 2.29 kat azalmıştır.

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 “ R^2 ” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9991 değeri ile vakumla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9908 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin “ R^2 ” değerlerinin ise sırasıyla 0.9987 ve 0.9978 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çizelge 3.1’de tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısı sırasıyla 0.162, 0.077, 0.025 ve 0.113 olarak hesaplanmıştır. Karalahana bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Karalahana bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler

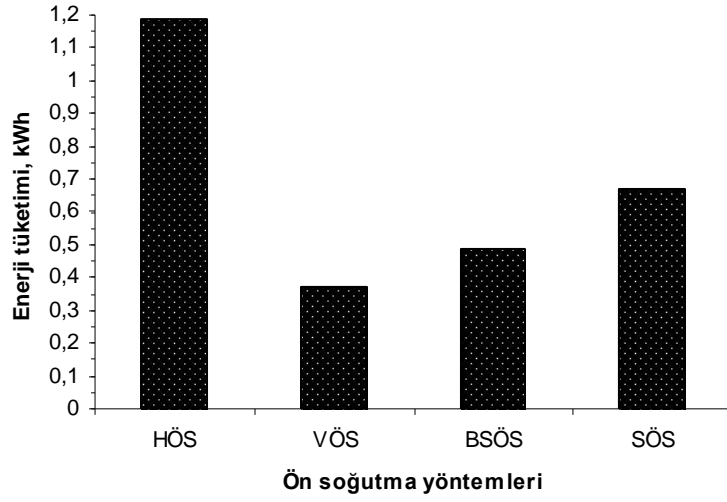
Ön Soğutma Yöntemi	Tahminin Standart Hatası (SEE)**	Regresyon modeli karar katsayısı R^2	Soğutma Katsayısı (CR)**
HÖS	0.225546	0.9987	0.0248027861
VÖS	0.188254	0.9991	0.1623685040
BSÖS	0.277209	0.9978	0.1126634340
SÖS	0.505129	0.9908	0.0767999100

** $P < 0.01$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

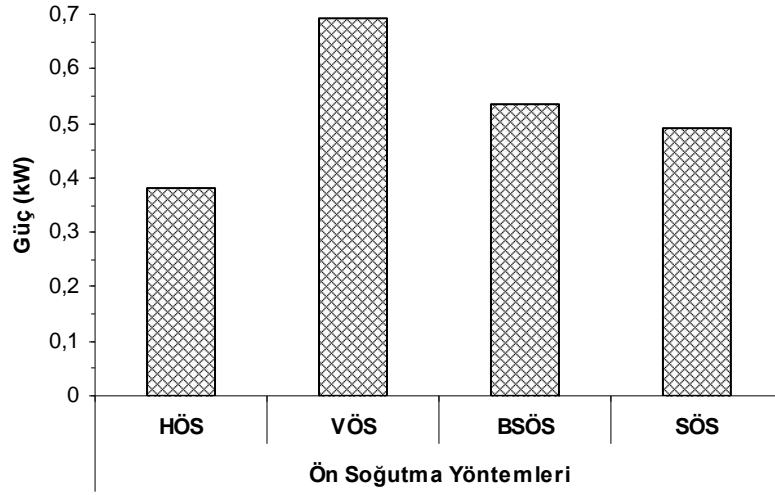
Karalahananın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-2’de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 32 dakika sürmüştür, sistem parlama noktasına karşılık gelen 3.01 kPa’lık basınca 3 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 kPa basınca ise 9 dakikada ulaşmıştır. Bu dakikadan sonra sistem basıncı soğutma işleminin sonuna kadar maksimum vakum değerine karşılık gelen 0.66 kPa basınç değerinde sabit kalmıştır.

Karalahananın ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.2’de verilmiştir. Karalahananın soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 1.19 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.67 kWh, 0.49 kWh ve 0.37 kWh değerleri ile suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Tüm soğutma yöntemleri içinde enerji tüketimi açısından en pahalı yöntem olan havayla ön soğutma yönteminde belirlenen enerji tüketiminin, enerji tüketimi açısından en ekonomik yöntem olan vakumla ön soğutma yönteminde belirlenen enerji tüketimine göre 3.22 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketiminin değerinin ise, su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketimi değerine göre 1.37 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna göre basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu saptanmıştır.

Karalahananın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri “kW” cinsinden Şekil 3.3’de verilmiştir. Şekil 3.3’e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.6938 kW değeri ile meydana gelirken; bunu sırasıyla 0.5346 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.4902 kW değeri ile suyla ön soğutma, 0.3798 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün tüketildiği vakumla ön soğutma yöntemindeki güç gereksiniminin, en az gücün harcandığı havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 1.83 kat; su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin ise, su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.09 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.



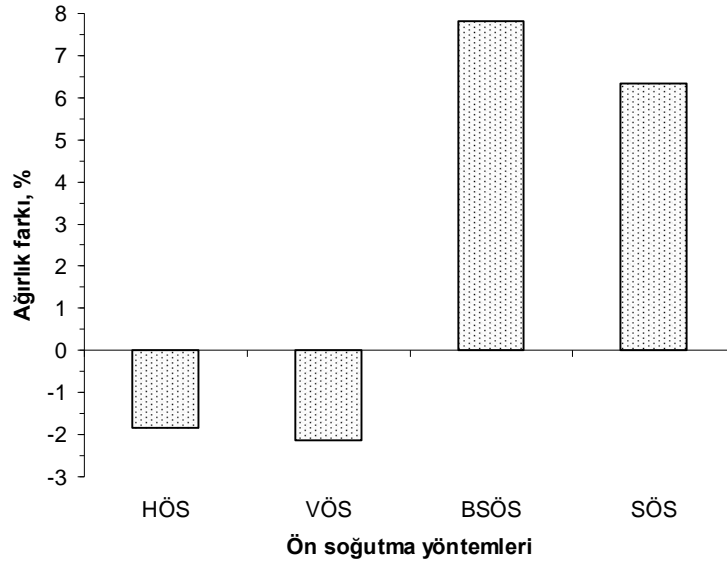
Şekil 3.2. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)



Şekil 3.3. Karalahananın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan karalahanalar 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 karalahana kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş

ürünlerde sırasıyla %7.82 ve %6.34 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %1.84 ve %2.14 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Suyla ve basınçlı suyla soğutma işlemleri sırasında soğutma suyu, materyalin yaprak yüzeyinde tutunmuş, buna bağlı olarak da materyallerde soğutma işlemi sonunda bir ağırlık artışı gözlemlenmiştir. Vakum ve havayla yapılan soğutma işlemleri sırasında solunum faaliyetlerinin devam etmesi ve buna bağlı olarak materyalde nem kaybı oluşmasından dolayı soğutma işlemleri sırasında ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Karalahananın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Karalahana bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.2’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Karalahana bitkisinin ön soğutma parametreleri

Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	188 ± (4.58) ^d	1.19 ± (0.0115) ^d	0.3798 ± (0.00475) ^a	-1.84 ± (0.0458) ^c
VÖS	32 ± (1.53) ^a	0.37 ± (0.0115) ^a	0.6938 ± (0.00303) ^c	-2.14 ± (0.0586) ^d
BSÖS	55 ± (1.53) ^b	0.49 ± (0.0100) ^b	0.5346 ± (0.00267) ^b	7.82 ± (0.0473) ^a
SÖS	82 ± (1.53) ^c	0.67 ± (0.0153) ^c	0.4902 ± (0.00505) ^b	6.34 ± (0.1180) ^b

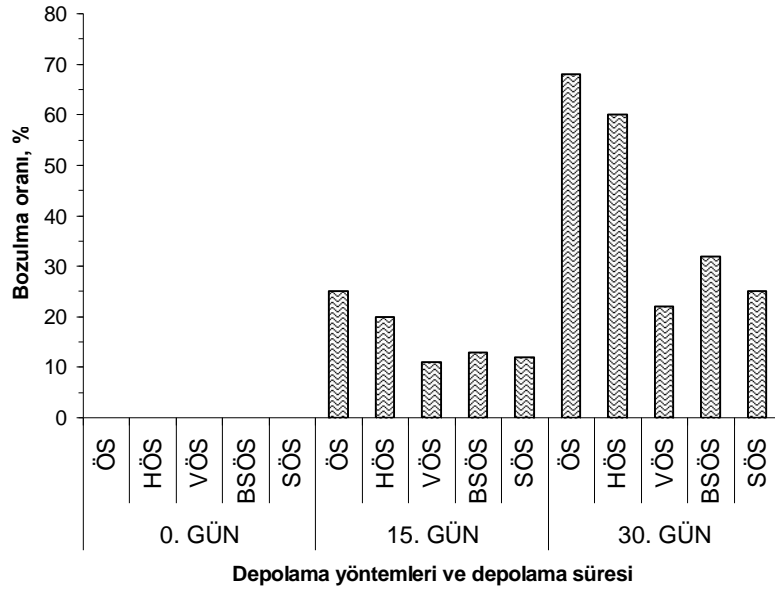
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.1.2. Karalahana bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.5’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.5’e göre 15. günde tüm soğutma yöntemleri içinde en az bozulma %11 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulma ise %20 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde gerçekleşmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış karalahanalarda tespit edilen bozulma oranının, kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda belirlenen bozulma oranı değerlerine göre ön soğutma yapılmış karalahanalara oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ön soğutma yapılmamış materyallerin 15. gün sonundaki bozulma oranı değeri %25 olarak belirlenmiştir. Bu değer 15. günde ön soğutma yöntemleri içinde en fazla bozulmaya neden olan havayla ön soğutma yönteminde belirlenen bozulmaya oranla %25, en az bozulmaya neden olan vakumla ön soğutma yönteminde belirlenen bozulmaya oranla ise %127 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Soğutma işlemleri sırasında belirlenen bozulma oranı değerleri bir ton ürün için hesaplanmıştır. Vakumla ön soğutulmuş karalahanalarda 15. gün sonunda bozulma oranının 110 kg ton⁻¹, hiç ön soğutma yapılmamış karalahanalardaki bozulma oranının ise 250 kg ton⁻¹ olduğu saptanmıştır. Karalahanaların vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 15 gün boyunca depolanmasının, hiç ön soğutma

yapılmadan soğuk depolamasına göre ton başına 140 kg ürün kaybını önlediği belirlenmiştir.

Kontrollü atmosfer odasında 30. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında ise en az bozulmanın %22 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %60 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış karalahanaların 30. günün sonunda %68 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Bu kayıp bir tonluk ürün için hesaplanmıştır. Vakumla ön soğutma yapılmış karalahanalarda 30. gün sonundaki bozulmanın 220 kg ton⁻¹, hiç ön soğutma yapılmamış karalahanalardaki bozulmanın ise 680 kg ton⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Karalahanaların vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca depolanmasının, hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolamasına göre ton başına 460 kg ürün kaybını önlediği sonucuna varılmıştır. Bu da bir ton üründe yaklaşık yarım ton ürünün kurtarılması anlamını taşımaktadır. Buna göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Vakumla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının havayla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre %173; basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının ise suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre %28 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yüksek su basıncının materyal yüzeyini zedelemesi nedeniyle basınçlı suyla ön soğutma yöntemi, suyla ön soğutma yöntemine göre daha fazla bozulmaya neden olmuştur.

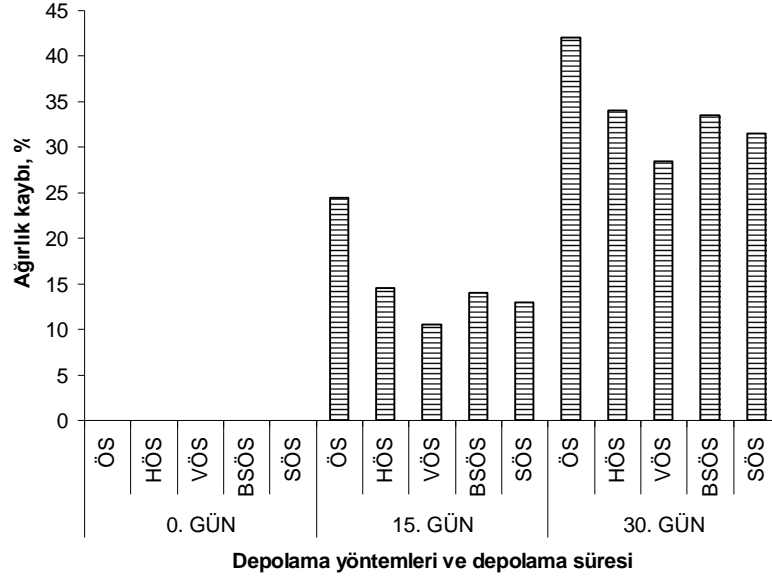


Şekil 3.5. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.6’da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.6’ya göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %10.5 değeri ile vakumla, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntemin ise %14.5 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Basınçlı suyla ön soğutma yönteminde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybının %14 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Suyla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybının %13 iken hiç ön soğutma yapılmamış karalahanalarda oluşan ağırlık kaybı değerinin %24.5 olduğu tespit edilmiştir. Ön soğutma yapılmamış karalahanaların 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerinin en az ağırlık kaybının olduğu vakumla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine göre 2.31 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.

Kontrollü atmosfer odasında 30. günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri içinde en az kayba neden olan yöntemin %28.5 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi

olduğu görülmüştür. Bu değeri %31.5 değeri ile suyla, %33.5 değeri ile basınçlı suyla, %34 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Ön soğutma yapılmamış karalahanalarda ölçülen ağırlık kaybı değerinin ise %42 olduğu belirlenmiştir. Bu değerim 30 gün sonunda en az ağırlık kaybının meydana geldiği vakumla ön soğutma yöntemine göre %47 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır.

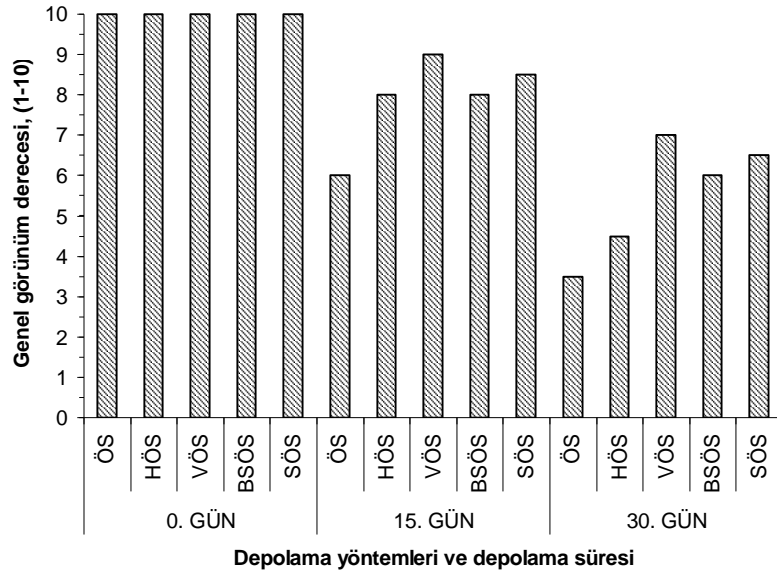


Şekil 3.6. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisininin 0., 15. ve 30.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.7’de verilmiştir. 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Şekil 3.6’ya göre 15. gün sonunda vakumla ön soğutma yöntemi ile soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen karalahanaların genel görünüm derecesi “9” puan ile, suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen karalahanaların genel görünüm derecesi ise “8.5” puan ile “çok iyi” olarak derecelendirilmiştir. Basınçlı suyla ve havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 15 gün bekletilen karalahanalar ise “8” puan ile

“iyi” olarak sınıflandırılmıştır. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış karalahanaların genel görünüm derecesi ise “6” değeri ile “*satılabilir*” sınıfına dahil edilmiştir.

Vakumla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasına konulan karalahanaların 30. günün sonundaki genel görünüm derecesi “7” puan ile suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 30 gün muhafaza edilen karalahanaların genel görünüm derecesi ise “6.5” puan ile “iyi” olarak derecelendirilmiştir. Basıncı suyla ve havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen karalahanaların 30. gün sonundaki genel görünüm dereceleri ise sırasıyla “6” ve “4.5” puan ile “*satılabilir*” olarak sınıflandırılmıştır. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca muhafaza edilen karalahanaların genel görünüm derecesi ise “3.5” değeri ile “*satılamaz*” olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Hiç işlem

görmemiş karalahanaların 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermektedir ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmektedir. 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, suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen karalahanaların renk değerlerinin ise taze ürününün renk değerlerine en uzak renk değerleri olduğu tespit edilmiştir. Kontrollü atmosfer odasına konulmadan önce ön soğutma işlemlerinin uygulanması ile karalahanaların renk değerlerinin önemli ölçüde korunduğu saptanmıştır.

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.3'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Karalahana bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm (1-10)
		L**	a**	b**	C**	α° **			
ÖS	0	54.52 ± (0.038) ^a	-9.44 ± (0.027) ^a	8.65 ± (0.043) ^a	12.80 ± (0.011) ⁱ	137.51 ± (0.22) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	30.64 ± (0.221) ^j	-5.91 ± (0.035) ^h	14.78 ± (0.131) ⁱ	15.92 ± (0.134) ^c	111.78 ± (0.07) ^k	24.500 ± (2.470) ^c	25.000 ± (1.530) ^{de}	6.000 ± (0.577) ^d
	30	26.28 ± (0.047) ^k	-4.44 ± (0.061) ⁱ	19.52 ± (0.104) ^k	20.02 ± (0.092) ^a	102.81 ± (0.22) ^m	42.000 ± (1.530) ^e	68.000 ± (1.530) ^g	3.500 ± (0.289) ^e
HÖS	0	50.04 ± (0.128) ^d	-7.66 ± (0.041) ^e	9.51 ± (0.181) ^b	12.21 ± (0.133) ^j	128.85 ± (0.61) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	36.14 ± (0.179) ^h	-6.19 ± (0.091) ^g	11.74 ± (0.184) ^e	13.27 ± (0.149) ^{gh}	117.80 ± (0.61) ^b	14.500 ± (2.290) ^b	20.000 ± (2.520) ^{cd}	8.000 ± (0.577) ^{bc}
	30	31.26 ± (0.179) ^j	-5.90 ± (0.058) ^h	16.08 ± (0.098) ^j	17.12 ± (0.110) ^b	110.14 ± (0.10) ^l	34.000 ± (2.080) ^d	60.000 ± (3.210) ^f	4.500 ± (0.289) ^e
VÖS	0	53.12 ± (0.038) ^b	-9.11 ± (0.015) ^b	9.16 ± (0.057) ^b	12.92 ± (0.050) ^{hi}	134.83 ± (0.14) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	45.90 ± (0.295) ^e	-8.11 ± (0.062) ^d	10.04 ± (0.068) ^c	12.91 ± (0.072) ^{hi}	128.91 ± (0.25) ^d	10.500 ± (1.800) ^b	11.000 ± (2.080) ^b	9.000 ± (0.289) ^{ab}
	30	42.20 ± (0.234) ^f	-7.97 ± (0.063) ^d	12.44 ± (0.052) ^f	14.78 ± (0.017) ^{de}	122.65 ± (0.31) ^f	28.500 ± (3.690) ^{cd}	22.000 ± (1.530) ^d	7.000 ± (0.289) ^{cd}
BSÖS	0	49.81 ± (0.295) ^d	-7.51 ± (0.147) ^e	10.15 ± (0.064) ^c	12.63 ± (0.047) ⁱ	116.51 ± (0.70) ^{hi}	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	39.85 ± (0.090) ^g	-6.91 ± (0.046) ^f	12.00 ± (0.064) ^{ef}	13.85 ± (0.058) ^f	119.93 ± (0.22) ^g	14.000 ± (2.080) ^b	13.000 ± (1.530) ^{bc}	8.000 ± (0.500) ^{bc}
	30	34.30 ± (0.180) ⁱ	-6.03 ± (0.032) ^{gh}	13.63 ± (0.168) ^h	14.91 ± (0.166) ^d	113.87 ± (0.15) ^j	33.500 ± (1.760) ^d	32.000 ± (3.060) ^e	6.000 ± (0.500) ^d
SÖS	0	51.86 ± (0.075) ^c	-8.64 ± (0.020) ^c	9.56 ± (0.044) ^b	12.89 ± (0.046) ^{hi}	132.11 ± (0.07) ^c	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	42.17 ± (0.127) ^f	-7.92 ± (0.058) ^d	10.71 ± (0.118) ^d	13.32 ± (0.075) ^g	126.48 ± (0.46) ^e	13.000 ± (1.530) ^b	12.000 ± (1.530) ^b	8.500 ± (0.289) ^b
	30	36.29 ± (0.259) ^h	-6.23 ± (0.046) ^g	12.98 ± (0.157) ^g	14.39 ± (0.161) ^e	115.64 ± (0.11) ⁱ	31.500 ± (1.260) ^d	25.000 ± (2.650) ^{de}	6.500 ± (0.289) ^d

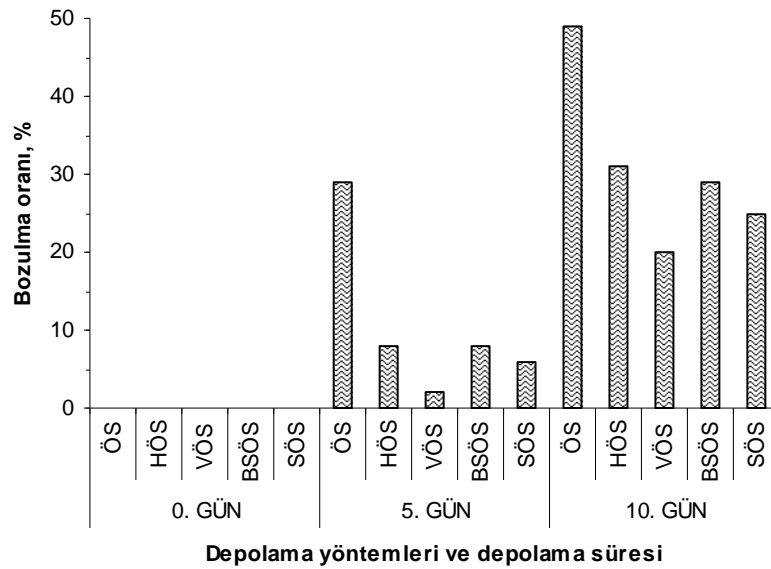
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.1.3. Karalahana bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş karalahanalar ile hiç soğutma işlemi yapılmamış karalahanaların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0., 5. ve 10. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.8’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.8’e göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %2 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %8 değeri ile havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri olduğu tespit edilmiştir. Suyla ön soğutma yönteminde 5. günün sonunda oluşan bozulma oranının ise %6 olduğu belirlenmiştir. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre en fazla bozulma ön soğutma yapılmamış materyallerde %29 değeri ile meydana gelmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 5. günün sonunda 290 kg ton⁻¹ ürünün bozularak atıldığı tespit edilmiştir. Ancak vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan karalahanalarda 5. günün sonundaki bozulan ürün miktarının 20 kg ton⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Buradan hasattan hemen sonra pazar koşullarında satışa çıkarılan karalahanalara pazara çıkarılmadan önce vakumla ön soğutma yapılması ile işlem görmeden pazara çıkarılan ürünler arasında pazar koşullarında 5. günde bir ton üründe 270 kg ürün kazancı sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Oda koşullarında 10. günün sonunda en az bozulma %20 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde meydana geldiği saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla %25 değeri ile suyla, %29 değeri ile basınçlı suyla, %31 değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış ürünlerde ise 10. günün sonundaki bozulma oranı %49 olarak saptanmıştır. Bu değer vakumla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranı değerinden 2.45 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün

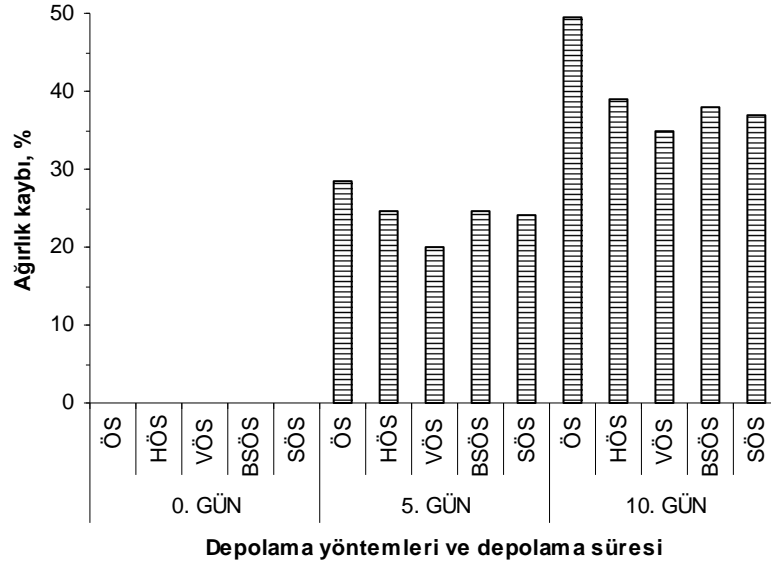
başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 10. günün sonunda 490 kg ton⁻¹ ürünün bozularak atıldığı tespit edilmiştir. Ancak vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan karalahanalarda 10. günün sonundaki bozulan ürün miktarının 200 kg ton⁻¹ olduğu hesaplanmıştır. Buradan pazara çıkarılmadan önce vakumla ön soğutma yapılan karalahanalar ile hasattan hemen sonra hiç işlem görmeden pazara çıkarılan karalahanalar arasında pazar koşullarında 10. günde bir ton üründe 290 kg ürün kazancı sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.8. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış karalahanaların pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 10 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan ölçümler sonuçları ile birlikte Şekil 3.9'da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Tüm yöntemler içinde 5. gün sonunda tüm yöntemler içinde en az ağırlık kaybı vakumla ön soğutma yönteminde %20 değeri ile elde edilmiş, bu değeri sırasıyla %24 değeri ile suyla ve %24.5 değerleri ile basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış karalahanalardaki ağırlık kaybı ise %28.5 olarak tespit edilmiştir. Oda koşullarında 10.

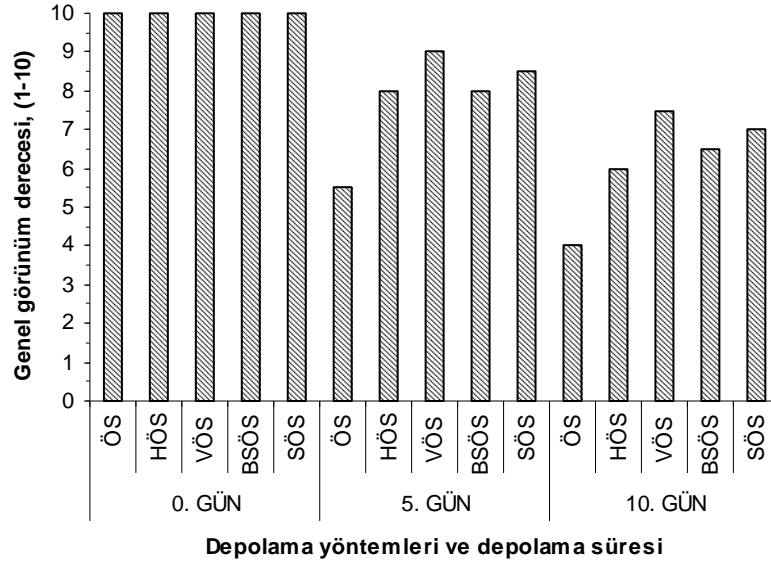
günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri de 5. gün değerlerine benzer şekilde bulunmuştur. Vakumla ön soğutma yöntemi %35 değeri ile en az ağırlık kaybına neden olurken, bunu sırasıyla %37, %38 ve %39 değerleri ile suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış karalahanalarda 10. günün sonunda meydana gelen ağırlık kaybı değerinin ise %49.5 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.9. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisininin 0., 5. ve 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış karalahanaların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 10 gün süre ile bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan ölçümler dikkate alınarak Şekil 3.10’da verilmiştir. Tüm yöntemler için genel görünüm derecesi 0. günde “10” puan olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.10’a göre 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5: satılabilir, 4-3: satılamaz, 2-1: kullanılamaz olarak yorumlanmaktadır. Buna göre 5. günün sonunda vakumla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş karalahanalar sırasıyla “9” ve “8.5” puan ile “çok iyi” olarak derecelendirilirken, basınçlı suyla ve havayla ön soğutulmuş karalahanalar “8” puanı ile “iyi” olarak sınıflandırılmışlardır. Ön soğutma yapılmamış karalahanalarda 5. günün sonundaki genel görünüm derecesi ise “5.5” puanı ile “satılabilir” olarak

tanımlanmıştır. Benzer şekilde 10. günün sonunda vakumla ön soğutma yöntemi “7.5” puan ile genel görünüm açısından “iyi” olarak nitelendirilirken, bunu sırasıyla “7”, “6.5” ve “6” puan ile suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Ön soğutma yapılmamış materyallerin pazar koşullarında 10. günün sonundaki genel görünüm dereceleri ise “4” puan ile “satılamaz” olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş karalahana bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış karalahanaların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilmesi sonucu bir renk ölçüm cihazıyla ölçülen renk değerleri (L, a, b, C, α) 0., 5. ve 10. günlerde yapılan renk okumaları dikkate alınarak Çizelge 3.4’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş karalahanaların 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermektedir ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Tüm soğutma yöntemlerinin oda koşullarındaki 5. gün ve 10. gün sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Bunu sırasıyla suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılan karalahanaların renk değerlerinin, taze ürünün renk değerlerine en uzak sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş karalahanalar ile hiç ön soğutma yapılmamış karalahanaların oda koşullarında 0., 5. ve 10. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.4’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

3.1.4. Karalahananın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Karalahananın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.5’de verilmiştir. Çizelge 3.5’de hesaplanmış termodinamik değerlere göre buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi, 1833.728 kj değeri basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 1644.018 kj değeri ile suyla, 1501.024 kj değeri ile vakumla ve 1472.930 kj değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarı ($Q_{2,3}$) değerinin en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 1990.750 kj değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 1783.985 kj değeri ile suyla ön soğutma, 1630.301 kj değeri ile vakumla ön soğutma ve 1598.331 kj değeri ile havayla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 157.022 kj değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 139.967 kj değeri ile suyla, 129.277 kj değeri ile vakumla ve 125.401 kj değeri ile havayla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Çizelge 3.4. Karalahana bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L **	a **	b **	C **	α° **			
ÖS	0	54.52 ± (0.038) ^a	-9.44 ± (0.027) ^a	8.65 ± (0.043) ^a	12.80 ± (0.011) ^b	137.51 ± (0.22) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	28.12 ± (0.015) ^j	-4.13 ± (0.035) ^{gh}	16.46 ± (0.018) ^h	16.97 ± (0.010) ^d	104.10 ± (0.13) ^h	28.500 ± (1.760) ^{cd}	29.000 ± (2.650) ^d	5.500 ± (0.289) ^g
	10	19.09 ± (0.032) ^l	-2.32 ± (0.023) ^j	22.40 ± (0.038) ^l	22.52 ± (0.035) ^a	95.90 ± (0.07) ^l	49.500 ± (2.290) ^f	49.000 ± (2.080) ^e	4.000 ± (0.289) ^h
HÖS	0	50.04 ± (0.128) ^d	-7.66 ± (0.041) ^d	9.51 ± (0.181) ^{bc}	12.21 ± (0.133) ^l	128.85 ± (0.61) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	31.80 ± (0.171) ^h	-5.54 ± (0.107) ^f	13.61 ± (0.064) ^g	14.69 ± (0.019) ^e	112.14 ± (0.48) ^g	24.500 ± (3.330) ^{bc}	8.000 ± (1.530) ^b	8.000 ± (0.289) ^{bcd}
	10	22.94 ± (0.257) ^k	-3.43 ± (0.232) ⁱ	20.60 ± (0.286) ^k	20.89 ± (0.320) ^b	99.45 ± (0.50) ^k	39.000 ± (2.080) ^e	31.000 ± (2.080) ^d	6.000 ± (0.577) ^{fg}
VÖS	0	53.12 ± (0.038) ^b	-9.11 ± (0.015) ^b	9.16 ± (0.057) ^b	12.92 ± (0.050) ^h	134.83 ± (0.14) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	42.24 ± (0.078) ^e	-6.64 ± (0.081) ^e	12.24 ± (0.026) ^e	13.93 ± (0.016) ^g	118.46 ± (0.34) ^e	20.000 ± (1.150) ^b	2.000 ± (0.577) ^{ab}	9.000 ± (0.289) ^{ab}
	10	33.60 ± (0.124) ^g	-4.37 ± (0.038) ^g	19.63 ± (0.038) ⁱ	20.12 ± (0.029) ^c	102.56 ± (0.13) ⁱ	35.000 ± (2.890) ^{de}	20.000 ± (2.650) ^c	7.500 ± (0.289) ^{cde}
BSÖS	0	49.81 ± (0.295) ^d	-7.51 ± (0.147) ^d	10.15 ± (0.064) ^d	12.63 ± (0.047) ^b	116.51 ± (0.70) ^f	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	33.26 ± (0.012) ^g	-5.63 ± (0.018) ^f	13.45 ± (0.032) ^g	14.58 ± (0.036) ^{ef}	112.70 ± (0.02) ^g	24.500 ± (1.260) ^{bc}	8.000 ± (1.150) ^b	8.000 ± (0.500) ^{bcd}
	10	23.25 ± (0.021) ^k	-3.60 ± (0.035) ⁱ	19.92 ± (0.015) ^{ij}	20.25 ± (0.008) ^c	100.23 ± (0.11) ^{jk}	38.000 ± (1.530) ^e	29.000 ± (2.080) ^d	6.500 ± (0.500) ^{efg}
SÖS	0	51.86 ± (0.075) ^c	-8.64 ± (0.020) ^c	9.56 ± (0.044) ^c	12.89 ± (0.046) ^h	132.11 ± (0.07) ^c	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	39.74 ± (0.139) ^f	-6.34 ± (0.038) ^e	12.78 ± (0.020) ^f	14.27 ± (0.035) ^{fg}	116.39 ± (0.11) ^f	24.000 ± (2.080) ^{bc}	6.000 ± (1.000) ^{ab}	8.500 ± (0.289) ^{bc}
	10	30.22 ± (0.015) ^j	-3.97 ± (0.018) ^h	20.05 ± (0.127) ^j	20.44 ± (0.121) ^c	101.21 ± (0.12) ^j	37.000 ± (1.530) ^e	25.000 ± (3.210) ^{cd}	7.000 ± (0.764) ^{def}

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

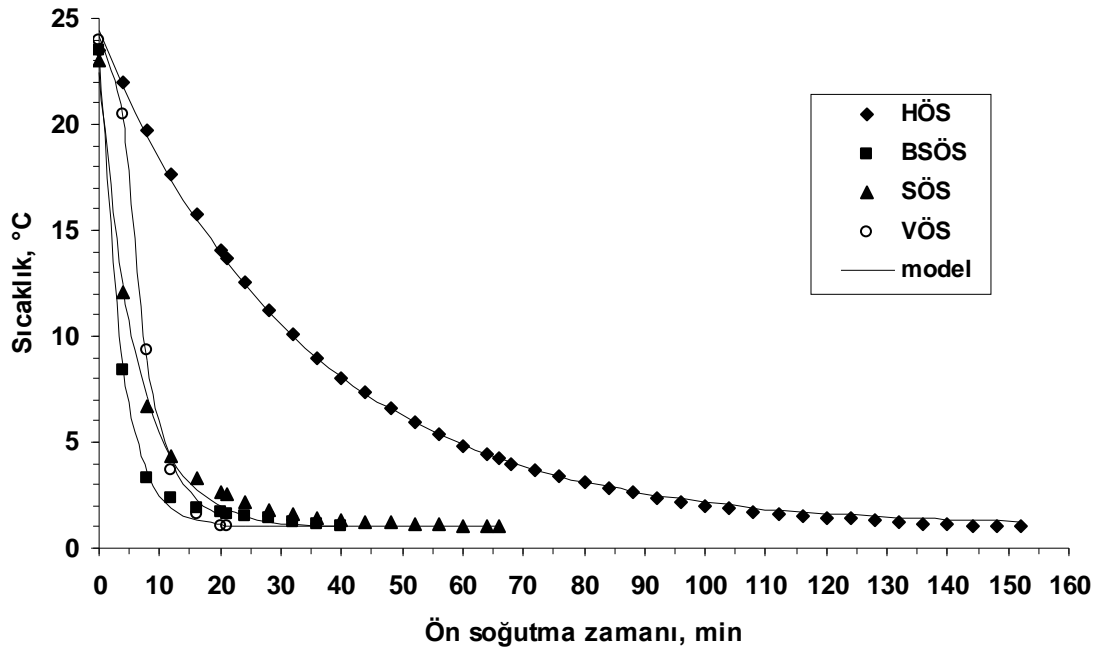
Çizelge 3.5. Karalahananın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q_a (kJ)	1340.579	688.118	1371.046	1340.579
Q_b (kJ)	132.351	812.906	462.682	303.439
Q_c (kJ)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q_d (kJ)	0	0	0	0
Q_e (kJ)	0	0	0	0
$Q_t=Q_{4,1}$ (kJ)	1472.930	1501.024	1833.728	1644.018
H_1 (kJ kg ⁻¹)	189.02600	189.026	189.02600	189.02600
H_2 (kJ kg ⁻¹)	200.19071	200.23719	200.21394	200.19071
H_3 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.854	58.371	57.88800
H_4 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.854	58.371	57.88800
S_1 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.699960
S_2 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.699960
S_3 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21792	0.22116	0.21954	0.21792
S_4 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.221568	0.225116	0.2233315	0.221568
T_1 (K°)	274	274	274	274
T_2 (K°)	298.4574	298.6715	298.5123	298.4574
T_3 (K°)	296	297	296.5	296
T_4 (K°)	274	274	274	274
P_1 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P_2 (MPa)	0.61814	0.63502	0.62658	0.61814
P_3 (MPa)	0.61814	0.63502	0.62658	0.61814
P_4 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V_1 (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V_2 (m ³ kg ⁻¹)	0.0298101	0.0297429	0.0297765	0.0298101
V_3 (m ³ kg ⁻¹)	0.0007596	0.0007618	0.0007607	0.0007596
V_4 (m ³ kg ⁻¹)	0.0080423	0.008382	0.0082127	0.0080423
X_4 (%)	13.71	14.35	14.028	13.71
M (kg h ⁻¹)	11.23191	11.53108	14.03489	12.53655
$Q_{4,1}$ (kJ)	1472.930	1501.024	1833.728	1644.018
$Q_{2,3}$ (kJ)	1598.331	1630.301	1990.750	1783.985
$W_{1,2}$ (kJ)	125.401	129.277	157.022	139.967
C_{so}	11.746	11.611	11.678	11.746
C_{is}	12.746	12.611	12.678	12.746

3.2. Pazı Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.2.1. Pazı bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Pazının havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalması Şekil 3.11’de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan pazıların ilk sıcaklıklarının sırasıyla 23.5°C, 24°C, 23°C ve 23.5°C olduğu belirlenmiştir. Pazı kasalarının merkezine 2 adet, sağ sol, ön ve arka kenarlarına 1’er adet, üst ve altına 1’er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayar ortamına kaydedilmiş; soğutma işlemlerine, kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C’yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise kasalara yerleştirilen 8 adet sıcaklık probundan alınan verilerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.11. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Vakumla ön soğutmanın 21 dakika ile en kısa, havayla ön soğutmanın ise 152 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin, havayla ön soğutma yöntemine göre 7.24 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği belirlenmiştir. Suyla ön soğutma 66 dakika, basınçlı suyla ön soğutma ise 40 dakikada gerçekleşmiştir. Su debisinin 2.5 L min^{-1} dan, 7.1 L min^{-1} e çıkarılması ile soğutma zamanında 1.65 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde soğutma süresi vakumla ön soğutma yöntemine göre sırasıyla 1.91 ve 3.14 kat artmış; havayla ön soğutma yöntemine göre ise 3.80 ve 2.30 kat azalmıştır.

Pazı bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiksel veriler Çizelge 3.6’da 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 “ R^2 ” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9987 değeri ile havayla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9922 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin “ R^2 ” değerlerinin ise sırasıyla 0.9935 ve 0.9937 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çizelge 3.6’da tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısının sırasıyla 0.224, 0.156, 0.030 ve 0.271 olduğu saptanmıştır.

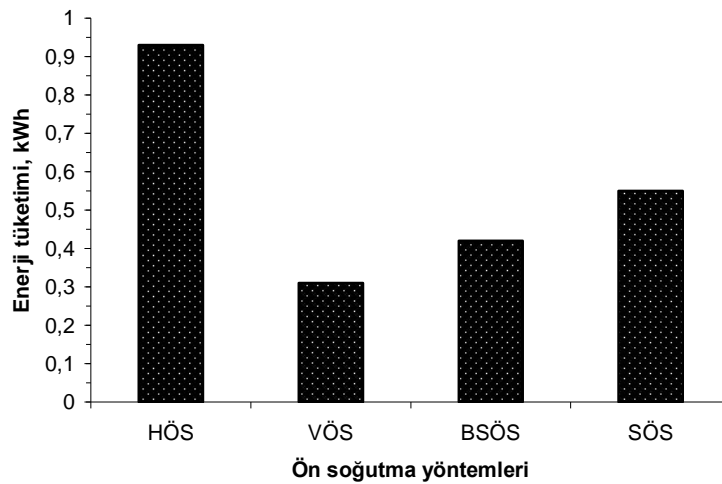
Çizelge 3.6. Pazı bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiksel veriler

Ön Soğutma Yöntemi	Tahminin Standart Hatası (SEE) **	Regresyon modeli karar katsayısı R^2 **	Soğutma Katsayısı (CR) **
HÖS	0.227759	0.9987	0.0299290419
VÖS	0.656707	0.9922	0.2241774200
BSÖS	0.397591	0.9935	0.2712194310
SÖS	0.390100	0.9937	0.1562977650

** $P < 0.01$ olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

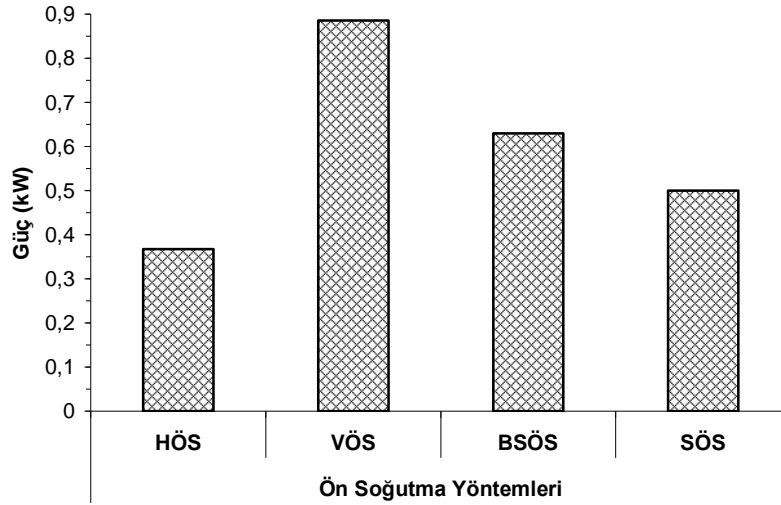
Pazının vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-3'de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 21 dakika sürmüştür, sistem parlama noktasına karşılık gelen 2.93 kPa'lık basınca 3 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 kPa basınca ise 9 dakikada ulaşmıştır. Bu dakikadan sonra sistem basıncı soğutma işleminin sonuna kadar maksimum vakum değerine karşılık gelen 0.66 kPa basınç değerinde sabit kalmıştır.

Pazı bitkisinin ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.12'de verilmiştir. Pazının soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 0.93 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.55 kWh, 0.42 kWh ve 0.31 kWh değerleri ile suyla, basınçlı 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 3 kat; su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketim değerinin ise, su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketim değerine göre 1.31 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna göre basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.12. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)

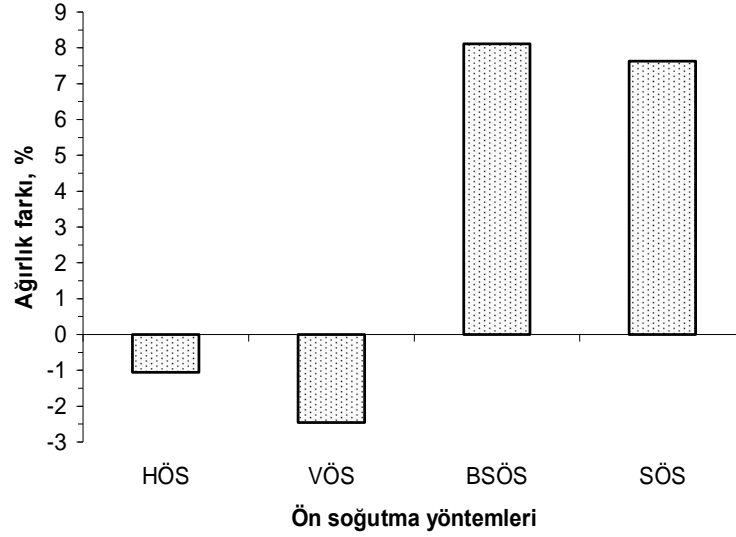
Pazının havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri “kW” cinsinden Şekil 3.13’de verilmiştir. Şekil 3.13’e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.8857 kW değeri ile meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla 0.63 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.5 kW değeri ile suyla ön soğutma, 0.3671 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün tüketildiği vakumla ön soğutma yöntemindeki güç gereksiniminin, en az gücün harcandığı havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 2.41 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin, su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.26 kat daha olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Pazının havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan pazı bitkisi havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemlerinin her birinde $5000 \pm 5 \text{ g}$ ağırlığında ölçülerek soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Soğutma işlemlerinin sonunda soğutma işlemlerinden önceki ağırlıkları $5000 \pm 5 \text{ g}$ olan pazı kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş ürünlerde sırasıyla %8.11 ve %7.63 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %1.06 ve %2.46 değerinde bir ağırlık kaybı

saptanmıştır. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.14. Pazının vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Pazı bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.7’de verilmiştir. Çizelge 3.7’ye göre sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

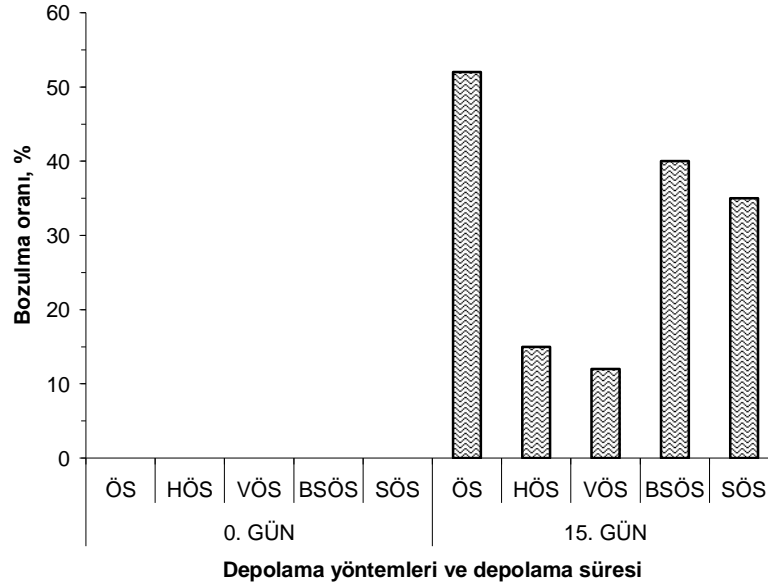
Çizelge 3.7. Pazı bitkisinin ön soğutma parametreleri

Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	152 ± (4.580) ^d	0.93 ± (0.0153) ^d	0.3671 ± (0.00348) ^a	-1.06 ± (0.0208) ^c
VÖS	21 ± (0.577) ^a	0.31 ± (0.0153) ^a	0.8857 ± (0.00219) ^d	-2.46 ± (0.0493) ^d
BSÖS	40 ± (2.080) ^b	0.42 ± (0.0153) ^b	0.6300 ± (0.00501) ^c	8.11 ± (0.0757) ^a
SÖS	66 ± (2.080) ^c	0.55 ± (0.0100) ^c	0.5000 ± (0.00346) ^b	7.63 ± (0.0321) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

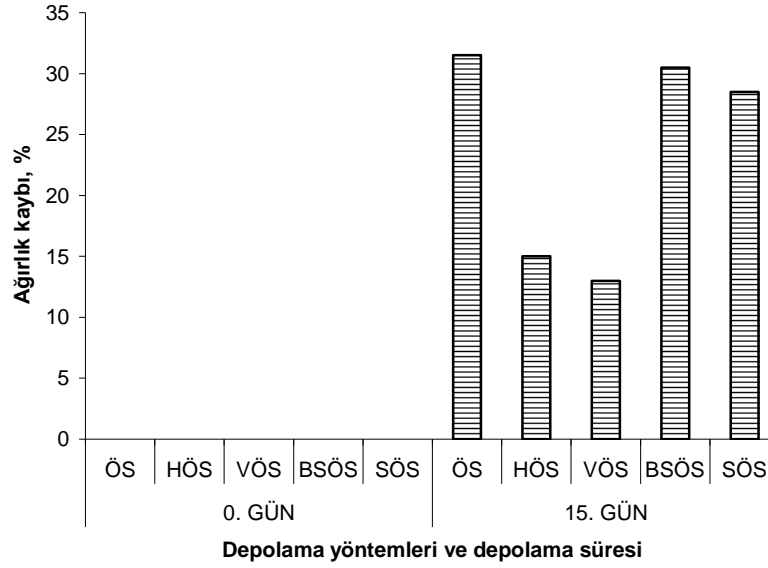
3.2.2. Pazı bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.15’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.15’e göre kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında en az bozulmanın %12 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %40 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış pazıların 15. günün sonunda %52 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu; vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, %15 değeri ile havayla, %35 değeri ile suyla ve %40 değeri ile ön soğutma yöntemlerinin izlediği tespit edilmiştir. Bu kayıplar bir tonluk ürün için hesaplanmıştır. Vakumla ön soğutma yapılmış pazılarda 15. gün sonunda bozulmanın 120 kg ton^{-1} , hiç ön soğutma yapılmamış pazılardaki bozulmanın ise 520 kg ton^{-1} olduğu saptanmıştır. Pazıların vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 15 gün boyunca depolanmasının, hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolamasına göre ton başına 400 kg ürün kaybını önlediği sonucuna varılmıştır. Basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının, vakumla, havayla ve suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre sırasıyla 3.33, 2.67 ve 1.14 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Yüksek su basıncının yapısal olarak ince olan pazı yapraklarının yüzeyini zedelemesi nedeniyle, basınçlı suyla ön soğutma yönteminin diğer yöntemlere göre daha fazla bozulmaya neden olduğu belirlenmiştir.



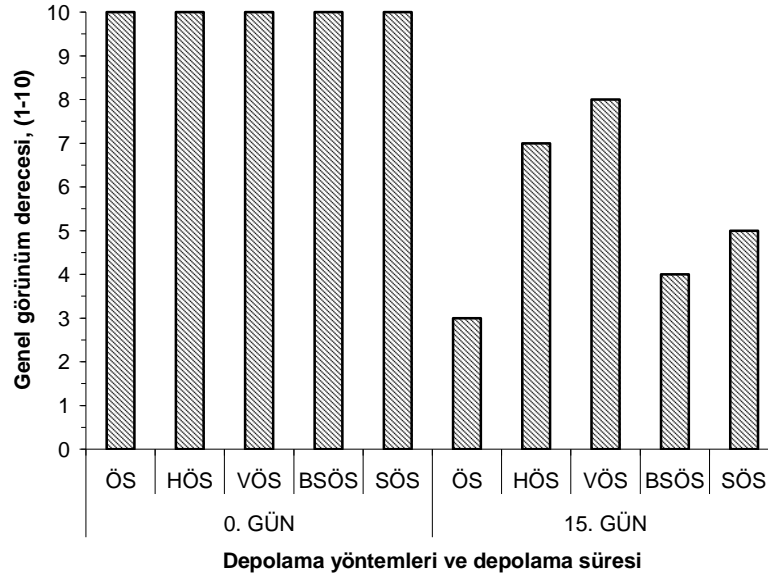
Şekil 3.15. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 15.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.16’da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.16’ya göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %13 değeri ile vakumla ön soğutma, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntem ise %30.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerlerinin sırasıyla %28.5 ve %15 olduğu saptanmıştır. Hiç ön soğutma yapılmamış pazılarda oluşan ağırlık kaybı değeri ise %31.5 olarak tespit edilmiştir. Ön soğutma yapılmamış pazıların 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerinin en az ağırlık kaybının olduğu vakumla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine göre 2.42 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.16. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.17’de verilmiştir. 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Buna göre 15. gün sonunda vakumla ön soğutma yöntemi ile soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen pazıların genel görünüm derecesi “8” puan ile, havala ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen pazıların genel görünüm derecesi ise “7” puan ile “iyi” olarak derecelendirilmiştir. Suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 15 gün bekletilen pazılar “5” puan ile “satılabilir”, basınçlı suyla ön soğutularak soğuk muhafaza edilmiş pazılar ise “4” puan ile “satılamaz” olarak sınıflandırılmıştır. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış pazıların genel görünüm derecesi ise “3” değeri ile “satılamaz” sınıfına dahil edilmiştir.



Şekil 3.17. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.8’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş pazıların 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 sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, havayla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmiş pazıların renk değerlerinin, taze ürünün renk değerlerine en uzak renk değerleri olduğu tespit edilmiştir. Kontrollü atmosfer odasına konulmadan önce ön soğutma işlemlerinin uygulanması ile pazıların renk değerlerinin önemli ölçüde korunduğu belirlenmiştir. Ayrıca havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.8’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.8. Pazı bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L**	a**	b**	C**	a°**			
ÖS	0	36.54 ± (0.048) ^a	-11.94 ± (0.056) ^a	16.50 ± (0.072) ^a	20.36 ± (0.087) ^a	125.90 ± (0.08) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	26.28 ± (0.093) ^h	-8.61 ± (0.080) ^f	10.29 ± (0.092) ^g	13.42 ± (0.094) ^h	129.91 ± (0.33) ^a	31.500 ± (1.800) ^c	52.000 ± (1.530) ^d	3.000 ± (0.577) ^f
HÖS	0	33.34 ± (0.119) ^c	-9.99 ± (0.027) ^c	15.25 ± (0.113) ^b	18.23 ± (0.089) ^c	123.24 ± (0.24) ^g	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	31.59 ± (0.094) ^e	-9.66 ± (0.127) ^d	14.15 ± (0.065) ^d	17.13 ± (0.108) ^{de}	124.32 ± (0.31) ^f	15.000 ± (2.080) ^b	15.000 ± (2.890) ^b	7.000 ± (0.000) ^c
VÖS	0	36.32 ± (0.065) ^a	-11.92 ± (0.085) ^a	16.25 ± (0.049) ^a	20.15 ± (0.060) ^a	126.27 ± (0.22) ^c	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	35.57 ± (0.062) ^b	-10.50 ± (0.081) ^b	15.46 ± (0.057) ^b	18.69 ± (0.084) ^b	124.17 ± (0.16) ^f	13.000 ± (1.000) ^b	12.000 ± (1.530) ^b	8.000 ± (0.289) ^b
BSÖS	0	31.80 ± (0.156) ^e	-9.21 ± (0.092) ^e	14.17 ± (0.050) ^d	16.91 ± (0.028) ^e	123.03 ± (0.34) ^g	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	29.63 ± (0.110) ^g	-9.02 ± (0.041) ^e	12.13 ± (0.084) ^f	15.12 ± (0.060) ^g	126.65 ± (0.27) ^b	30.500 ± (2.020) ^c	40.000 ± (2.890) ^c	4.000 ± (0.289) ^c
SÖS	0	32.56 ± (0.156) ^d	-9.56 ± (0.033) ^d	14.57 ± (0.096) ^c	17.43 ± (0.073) ^d	123.29 ± (0.23) ^g	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	30.44 ± (0.185) ^f	-9.14 ± (0.030) ^e	12.95 ± (0.038) ^e	15.85 ± (0.047) ^f	125.20 ± (0.02) ^e	28.500 ± (1.800) ^c	35.000 ± (2.520) ^c	5.000 ± (0.000) ^d

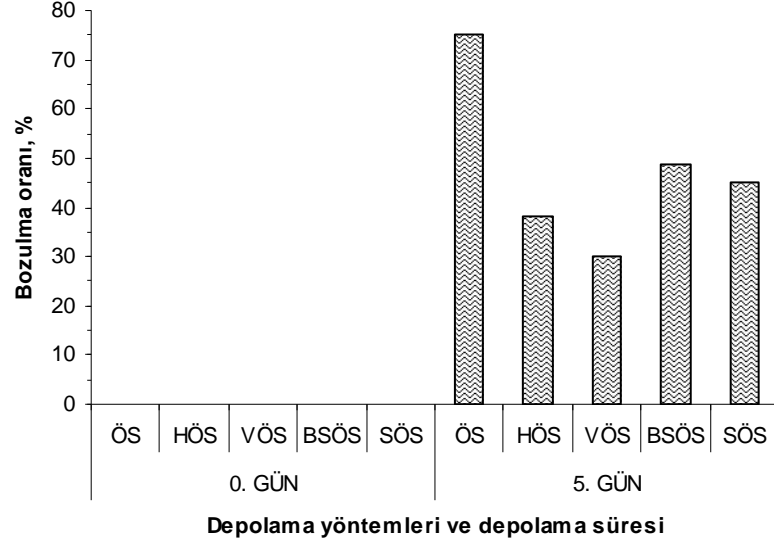
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.2.3. Pazı bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

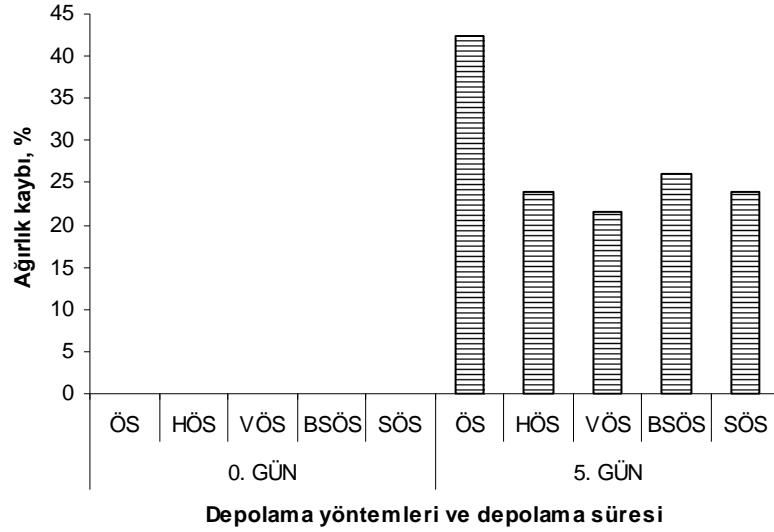
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş pazılar ile hiç soğutma işlemi yapılmamış pazıların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0. ve 5. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.18'de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.18'e göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %30 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %48.67 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinde ise 5. günün sonunda oluşan bozulma oranlarının, sırasıyla %45 ve %38 olduğu belirlenmiştir. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre en fazla bozulmanın ön soğutma yapılmamış materyallerde %75 değeri ile meydana geldiği saptanmıştır. Meydana gelen bozulma oranı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 5. günün sonunda 750 kg ton⁻¹ ürünün bozularak atıldığı anlaşılmıştır. Ancak vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan pazılarda 5. günün sonundaki bozulan ürün miktarı 300 kg ton⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Buradan, hasattan hemen sonra işlem görmeden pazar koşullarında satışa çıkarılan pazılar ile vakumla ön soğutma yapılarak pazara çıkarılan pazılar arasında pazar koşullarında 5. günde 450 kg ton⁻¹ ürün kazancı sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış pazıların pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0. ve 5. günlerde yapılan ölçümlerin sonuçları ile birlikte Şekil 3.19'da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.19'a göre 5. gün sonunda tüm yöntemler içinde en az ağırlık kaybı vakumla ön soğutma yönteminde %21.5 değeri ile elde edilmiş, bu değeri sırasıyla %24 değeri ile suyla ve havayla ve %26 değerleri ile

basıncılı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış pazılardaki ağırlık kaybı ise %42.5 olarak tespit edilmiştir.

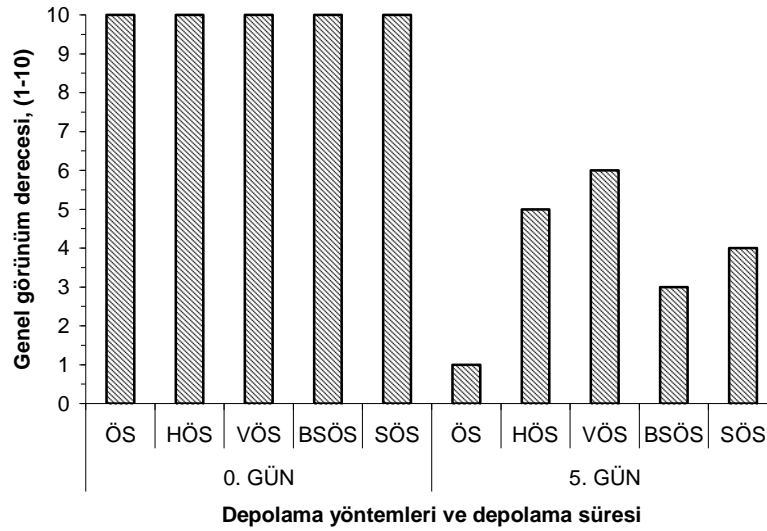


Şekil 3.18. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)



Şekil 3.19. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış pazıların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0. ve 5. günlerde yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak Şekil 3.20’de verilmiştir. Tüm yöntemler için 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. Buna göre 5. günün sonunda vakumla ve havayla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş pazılar sırasıyla “6” ve “5” puan ile “*satılabilir*” olarak derecelendirilirken, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş pazılar ise sırasıyla “3” ve “4” puan ile “*satılamaz*” olarak sınıflandırılmışlardır. Ön soğutma yapılmamış pazılarda 5. günün sonundaki genel görünüm derecesi ise “1” puanı ile “*kullanılamaz*” olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.20. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş pazı bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış pazıların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün boyunca bekletilmesi sonucu bir renk ölçüm cihazıyla ölçülen renk değerleri (L, a, b, C, α) 0. ve 5. günlerde yapılan renk okumaları

dikkate alınarak Çizelge 3.9'da verilmiştir. Hiç işlem görmemiş pazıların 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 sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Bunu sırasıyla havayla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Taze ürünün renk değerlerine en uzak sonuçların ise ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılan ürünlerin renk değerlerinde ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş pazılar ile hiç ön soğutma yapılmamış pazıların oda koşullarında 0. ve 5. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.9'da verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

3.2.4. Pazının soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Pazının havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.10'da verilmiştir. Çizelge 3.10'da hesaplanmış termodinamik değerlere göre buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi, 2007.234 kJ değeri basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 1926.832 kJ değeri ile vakumla, 1718.449 kJ değeri ile suyla ve 1539.334 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarı ($Q_{2,3}$) değerinin en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 2179.113 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 2092.782 kJ değeri ile vakumla ön soğutma, 1864.753 kJ değeri ile suyla ön soğutma ve 1671.147 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 171.879 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 165.950 kJ değeri ile vakumla, 146.304 kJ değeri ile suyla ve 131.813 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Çizelge 3.9. Pazı bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm (1-10)
		L **	a **	b **	C **	α° **			
ÖS	0	36.54 ± (0.048) ^a	-11.94 ± (0.056) ^a	16.50 ± (0.072) ^a	20.36 ± (0.087) ^a	125.90 ± (0.08) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	17.62 ± (0.064) ^b	-2.69 ± (0.046) ⁱ	6.85 ± (0.015) ⁱ	7.36 ± (0.030) ⁱ	111.43 ± (0.29) ^f	42.500 ± (1.800) ^c	75.000 ± (2.890) ^e	1.000 ± (0.000) ^e
HÖS	0	33.34 ± (0.119) ^b	-9.99 ± (0.027) ^b	15.25 ± (0.113) ^c	18.23 ± (0.089) ^b	123.24 ± (0.24) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	23.04 ± (0.056) ^f	-6.08 ± (0.040) ^f	11.11 ± (0.018) ^g	12.66 ± (0.035) ^f	118.70 ± (0.12) ^d	24.000 ± (1.530) ^b	38.000 ± (1.530) ^{bc}	5.000 ± (0.577) ^{bc}
VÖS	0	36.32 ± (0.065) ^a	-11.92 ± (0.085) ^a	16.25 ± (0.049) ^b	20.15 ± (0.060) ^a	126.27 ± (0.22) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	27.49 ± (0.141) ^e	-8.04 ± (0.023) ^e	12.47 ± (0.026) ^f	14.84 ± (0.035) ^e	122.83 ± (0.02) ^b	21.500 ± (2.180) ^b	30.000 ± (2.890) ^b	6.000 ± (0.577) ^b
BSÖS	0	31.80 ± (0.156) ^d	-9.21 ± (0.092) ^d	14.17 ± (0.050) ^e	16.91 ± (0.028) ^d	123.03 ± (0.34) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	21.82 ± (0.049) ^g	-4.26 ± (0.032) ^h	9.69 ± (0.029) ^h	10.59 ± (0.040) ^h	113.72 ± (0.10) ^e	26.000 ± (3.210) ^b	48.667 ± (4.480) ^d	3.000 ± (0.577) ^d
SÖS	0	32.56 ± (0.156) ^c	-9.56 ± (0.033) ^c	14.57 ± (0.096) ^d	17.43 ± (0.073) ^c	123.29 ± (0.23) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	22.78 ± (0.038) ^f	-5.84 ± (0.032) ^g	9.84 ± (0.015) ^h	11.44 ± (0.004) ^g	120.70 ± (0.18) ^c	24.000 ± (2.080) ^b	45.000 ± (2.890) ^{cd}	4.000 ± (0.289) ^{cd}

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

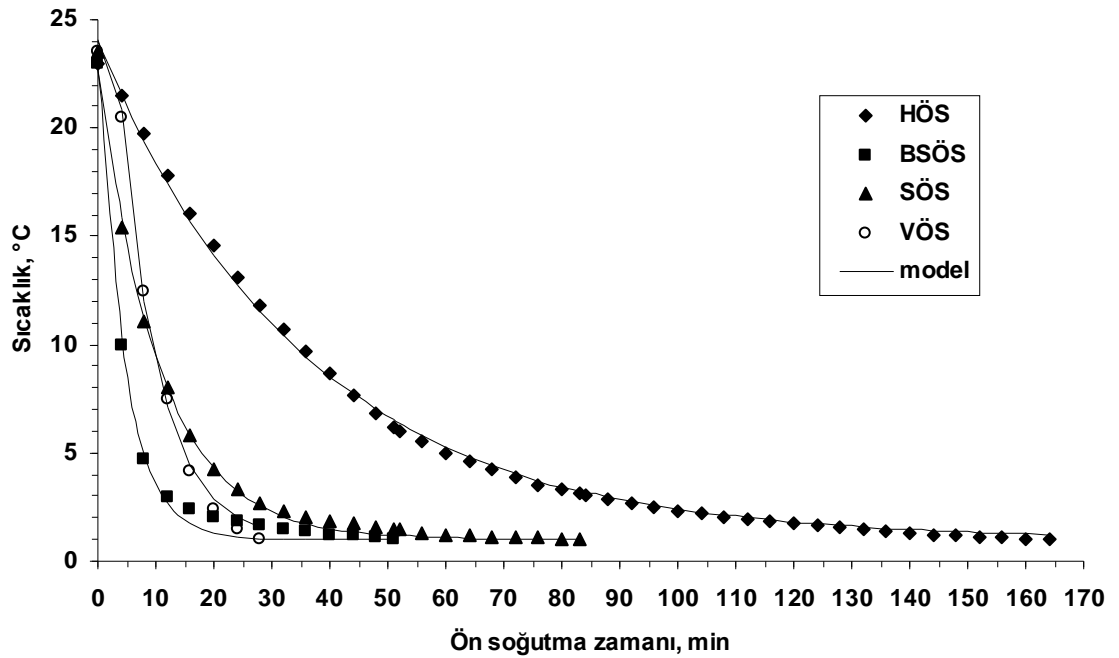
Çizelge 3.10. Pazının havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması
sırasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q_a (kj)	1371.046	688.118	1371.046	1340.579
Q_b (kj)	167.418	1238.714	636.188	377.000
Q_c (kj)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q_d (kj)	0	0	0	0
Q_e (kj)	0	0	0	0
$Q_t=Q_{4,1}$ (kj)	1539.334	1926.832	2007.234	1718.449
h_1 (kj kg ⁻¹)	189.02600	189.026	189.02600	189.02600
h_2 (kj kg ⁻¹)	200.21394	200.23719	200.21394	200.19071
h_3 (kj kg ⁻¹)	58.371	58.854	58.371	57.88800
h_4 (kj kg ⁻¹)	58.371	58.854	58.371	57.88800
S_1 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.699960
S_2 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.699960
S_3 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21954	0.22116	0.21954	0.21792
S_4 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.2233315	0.225116	0.2233315	0.221568
T_1 (K°)	274	274	274	274
T_2 (K°)	298.5123	298.6715	298.5123	298.4574
T_3 (K°)	296.5	297	296.5	296
T_4 (K°)	274	274	274	274
P_1 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P_2 (MPa)	0.62658	0.63502	0.62658	0.61814
P_3 (MPa)	0.62658	0.63502	0.62658	0.61814
P_4 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V_1 (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V_2 (m ³ kg ⁻¹)	0.0297765	0.0297429	0.0297765	0.0298101
V_3 (m ³ kg ⁻¹)	0.0007607	0.0007618	0.0007607	0.0007596
V_4 (m ³ kg ⁻¹)	0.0082127	0.008382	0.0082127	0.0080423
X_4 (%)	14.028	14.35	14.028	13.71
m (kg h ⁻¹)	11.78167	14.80220	15.36286	13.10413
$Q_{4,1}$ (kj)	1539.334	1926.832	2007.234	1718.449
$Q_{2,3}$ (kj)	1671.147	2092.782	2179.113	1864.753
$W_{1,2}$ (kj)	131.813	165.950	171.879	146.304
C_{so}	11.678	11.611	11.678	11.746
C_{is}	12.678	12.611	12.678	12.746

3.3. Ispanak Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.3.1. Ispanak bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Ispanağın havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin diyagram Şekil 3.21’de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan ıspanakların ilk sıcaklıklarının sırasıyla, 23°C, 23.5°C, 23.5°C ve 23°C olduğu saptanmıştır. Ispanak kasalarının merkezine 2 adet, sağ sol, ön ve arka kenarlarına 1’er adet, üst ve altına 1’er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiş ve soğutma işlemlerine kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C’yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise kasalara yerleştirilen 8 adet sıcaklık probundan alınan verilerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.21. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Vakumla ön soğutmanın 28 dakika ile en kısa, havayla ön soğutmanın ise 164 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin havayla ön soğutma yöntemine göre 5.86 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği belirlenmiştir. Suyla ön soğutma 83 dakika, basınçlı suyla ön soğutma ise 51 dakikada tamamlanmıştır. Su debisinin 2.5 L min^{-1} değerinden, 7.1 L min^{-1} değerine çıkarılması ile soğutma zamanında 1.63 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde soğutma süresi vakumla ön soğutma yöntemine göre sırasıyla 1.82 ve 2.96 kat artmış; havayla ön soğutma yöntemine göre ise 3.22 ve 1.98 kat azalmıştır.

Ispanak bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler Çizelge 3.11’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 “ R^2 ” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9981 değeri ile havayla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9918 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin “ R^2 ” değerlerinin sırasıyla 0.9954 ve 0.9976 olduğu saptanmıştır. Ayrıca Çizelge 3.11’de tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayılarının sırasıyla 0.147, 0.094, 0.028 ve 0.212 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.11. Ispanak bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler

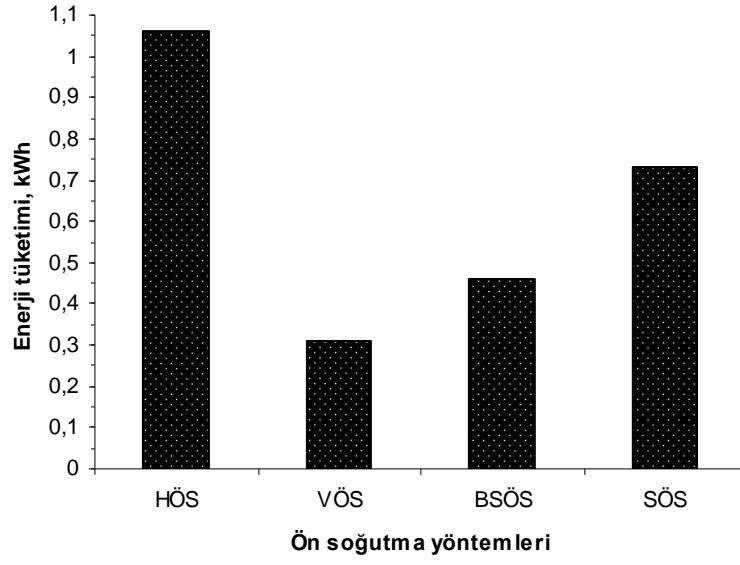
<i>Ön Soğutma Yöntemi</i>	<i>Tahminin Standart Hatası (SEE)**</i>	<i>Regresyon modeli karar katsayısı R^2**</i>	<i>Soğutma Katsayısı (CR)**</i>
HÖS	0.270373	0.9981	0.0280278516
VÖS	0.457025	0.9954	0.1475060090
BSÖS	0.450192	0.9918	0.2119840190
SÖS	0.251538	0.9976	0.0940257797

** $P < 0.01$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

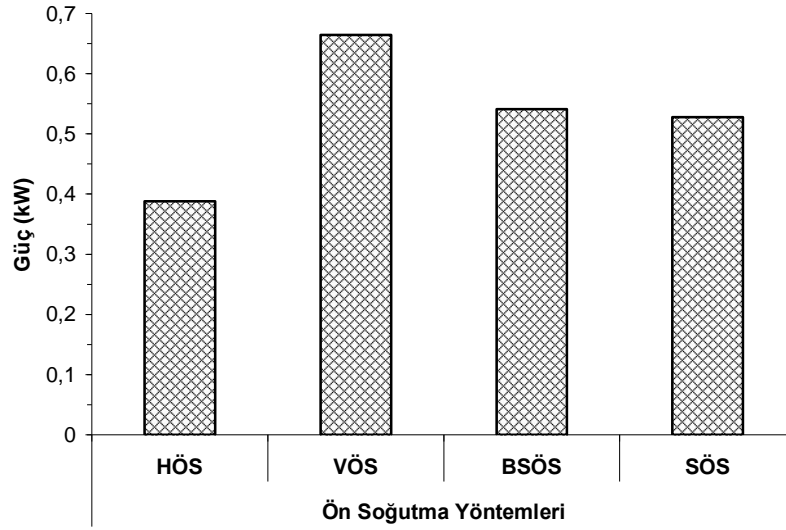
Ispanağın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-4’de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 28 dakika sürmüştür, sistem parlama noktasına karşılık gelen 2.93 kPa’lık basınca 3 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 kPa basınca ise 9 dakikada ulaşmıştır. Bu dakikadan sonra sistem basıncı soğutma işleminin sonuna kadar maksimum vakum değerine karşılık gelen 0.66 kPa basınç değerinde sabit kalmıştır.

Ispanak bitkisinin ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.22’de verilmiştir. Ispanağın soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 1.06 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.73 kWh, 0.46 kWh ve 0.31 kWh değerleri ile suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Tüm soğutma yöntemleri içinde enerji tüketimi açısından en pahalı yöntem olan havayla ön soğutma yönteminin enerji tüketimi değerinin, enerji tüketimi açısından en ekonomik yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemine göre 3.42 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Su debisinin 2.5 L min⁻¹ olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketimi değerinin, su debisinin 7.1 L min⁻¹ olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketimi değerine göre 1.58 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Ispanağın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri “kW” cinsinden Şekil 3.23’de verilmiştir. Şekil 3.23’e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.6643 kW değeri ile meydana gelmiş; bunu sırasıyla 0.5412 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.5277 kW değeri ile suyla ön soğutma, 0.3878 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün tüketildiği vakumla ön soğutma yöntemindeki güç gereksiniminin, en az gücün harcandığı havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 1.71 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Su debisinin 7.1 L min⁻¹ olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin, su debisinin 2.5 L min⁻¹ olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.03 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



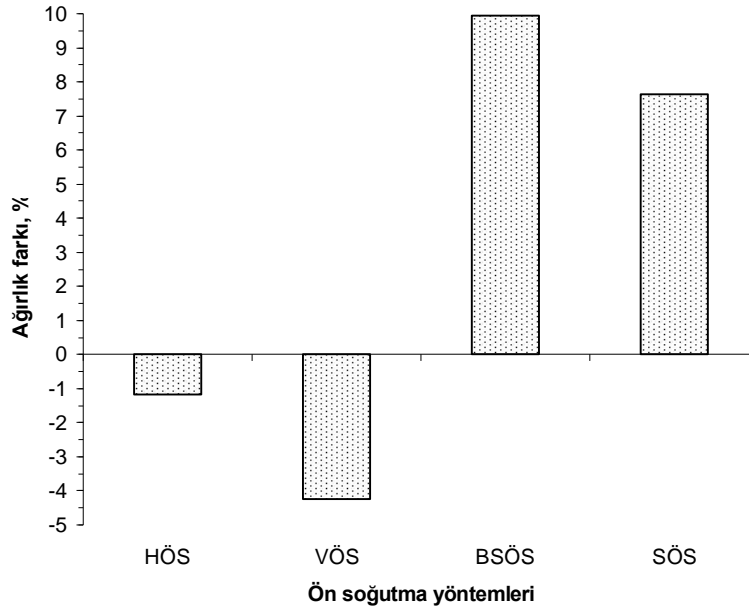
Şekil 3.22. İspanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)



Şekil 3.23. İspanağın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan ıspanak 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 ıspanak kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş ürünlerde sırasıyla %9.94 ve %7.63 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %1.16 ve %4.24 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.24’de verilmiştir.



Şekil 3.24. Ispanağın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Ispanak bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.12’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

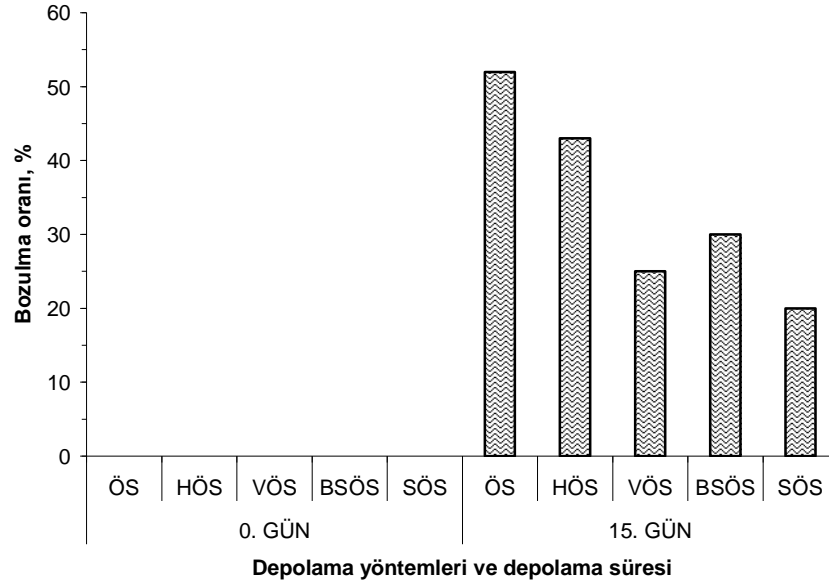
Çizelge 3.12. Ispanak bitkisinin ön soğutma parametreleri

Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	164 ± (2.560) ^d	1.06 ± (0.0252) ^d	0.3878 ± (0.00640) ^a	-1.16 ± (0.0436) ^c
VÖS	28 ± (1.530) ^a	0.31 ± (0.0208) ^a	0.6643 ± (0.00286) ^c	-4.24 ± (0.0265) ^d
BSÖS	51 ± (2.080) ^b	0.46 ± (0.0153) ^b	0.5412 ± (0.00551) ^b	9.94 ± (0.0551) ^a
SÖS	83 ± (2.520) ^c	0.73 ± (0.0231) ^c	0.5277 ± (0.00321) ^b	7.63 ± (0.0321) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

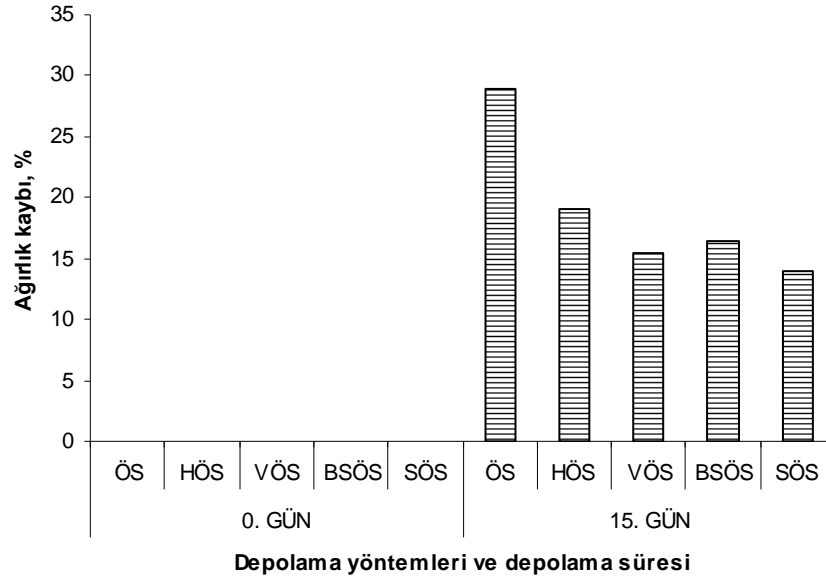
3.3.2. Ispanak bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş ispanaklar ile hiç ön soğutma yapılmamış ispanakların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.25’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.25’e göre kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında en az bozulmanın %20 değeri ile suyla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %43 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış ispanakların 15. günün sonunda %52 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin suyla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Suyla ön soğutma yöntemini sırasıyla, %25 değeri ile vakumla, %30 değeri ile basınçlı suyla ve %43 değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Soğutma işlemlerinin her birinde meydana gelen ürün kayıpları bir ton ürün için hesaplanmıştır. Buna göre, suyla ön soğutma yapılmış ispanaklarda 15. gün sonunda oluşan bozulmanın 200 kg ton⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış ispanaklardaki bozulma oranının ise 520 kg ton⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Ispanakların hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolaması ile vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 15 gün boyunca depolanması arasında bir ton üründe 320 kg ürün kaybının önleneceği sonucuna varılmıştır.



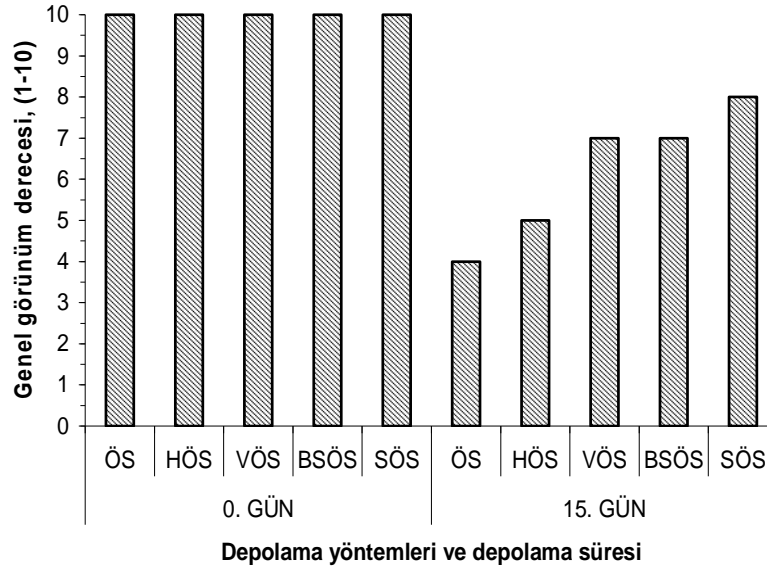
Şekil 3.25. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 15.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş ıspanaklar ile hiç ön soğutma yapılmamış ıspanakların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.26’da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.26’ya göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %14 değeri ile suyla ön soğutma, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntemin ise %19 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yönteminde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerinin ise sırasıyla %16.5 ve %15.5 olduğu belirlenmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış ıspanaklarda oluşan ağırlık kaybının değeri ise %29 olarak ölçülmüştür. Ön soğutma yapılmamış ıspanakların 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerinin, en az ağırlık kaybının olduğu suyla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine göre 2.07 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.26. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş ıspanaklar ile hiç ön soğutma yapılmamış ıspanakların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.27’de verilmiştir. 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Buna göre 15. gün sonunda suyla ön soğutma yöntemi ile soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen ıspanakların genel görünüm derecesi “8” puan ile, basınçlı suyla ve havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen ıspanakların genel görünüm derecesi ise “7” puan ile “iyi” olarak derecelendirilmiştir. Havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 15 gün bekletilen ıspanaklar ise “5” puan ile “satılabilir” olarak sınıflandırılmıştır. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış ıspanakların genel görünüm derecesi ise “4” değeri ile “satılamaz” sınıfına dahil edilmiştir.



Şekil 3.27. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş ıspanaklar ile hiç ön soğutma yapılmamış ıspanakların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.13’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş ıspanakların 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 suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Suyla ön soğutma yöntemini sırasıyla, vakumla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Taze ürünün renk değerlerine uzak renk değerlerinin, hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen ıspanakların renk değerlerinde ortaya çıktığı saptanmıştır. Kontrollü atmosfer odasına konulmadan önce ön soğutma işlemlerinin uygulanması ile ıspanakların renk değerleri önemli ölçüde korunmuştur. Ayrıca farklı yöntemlerle ön soğutulmuş ıspanakların kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.13’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.13. Ispanak bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L	a	b	C	α°			
ÖS	0	33.33 ± (0.162) ^a	-8.25 ± (0.064) ^a	12.24 ± (0.139) ^a	14.76 ± (0.138) ^a	123.98 ± (0.25) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	25.29 ± (0.214) ^h	-3.68 ± (0.170) ^f	8.60 ± (0.183) ^f	9.36 ± (0.176) ^f	113.14 ± (1.08) ^c	29.000 ± (2.080) ^c	52.000 ± (1.150) ^c	4.000 ± (0.577) ^c
HÖS	0	29.90 ± (0.203) ^d	-6.92 ± (0.232) ^b	10.59 ± (0.113) ^d	12.65 ± (0.196) ^{cd}	123.15 ± (0.76) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	27.16 ± (0.083) ^g	-5.05 ± (0.097) ^e	9.95 ± (0.043) ^e	11.16 ± (0.058) ^e	116.88 ± (0.45) ^b	19.000 ± (1.530) ^b	43.000 ± (1.530) ^d	5.000 ± (0.000) ^c
VÖS	0	32.31 ± (0.125) ^c	-7.94 ± (0.055) ^a	11.93 ± (0.070) ^{ab}	14.33 ± (0.077) ^a	123.65 ± (0.18) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	29.23 ± (0.071) ^{ef}	-6.03 ± (0.052) ^{cd}	11.54 ± (0.048) ^b	13.02 ± (0.064) ^{bc}	117.61 ± (0.14) ^b	15.500 ± (2.650) ^b	25.000 ± (2.890) ^{bc}	7.000 ± (0.577) ^b
BSÖS	0	32.74 ± (0.044) ^{bc}	-8.05 ± (0.058) ^a	12.04 ± (0.066) ^a	14.48 ± (0.087) ^a	123.75 ± (0.05) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	29.07 ± (0.108) ^f	-5.77 ± (0.101) ^d	11.10 ± (0.118) ^c	12.51 ± (0.120) ^d	117.49 ± (0.45) ^b	16.500 ± (2.570) ^b	30.000 ± (2.890) ^c	7.000 ± (0.577) ^b
SÖS	0	32.97 ± (0.040) ^{ab}	-8.17 ± (0.081) ^a	12.30 ± (0.066) ^a	14.76 ± (0.087) ^a	123.60 ± (0.22) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	29.62 ± (0.096) ^{de}	-6.26 ± (0.035) ^c	11.92 ± (0.134) ^{ab}	13.46 ± (0.110) ^b	117.71 ± (0.36) ^b	14.000 ± (2.080) ^b	20.000 ± (2.890) ^b	8.000 ± (0.289) ^b

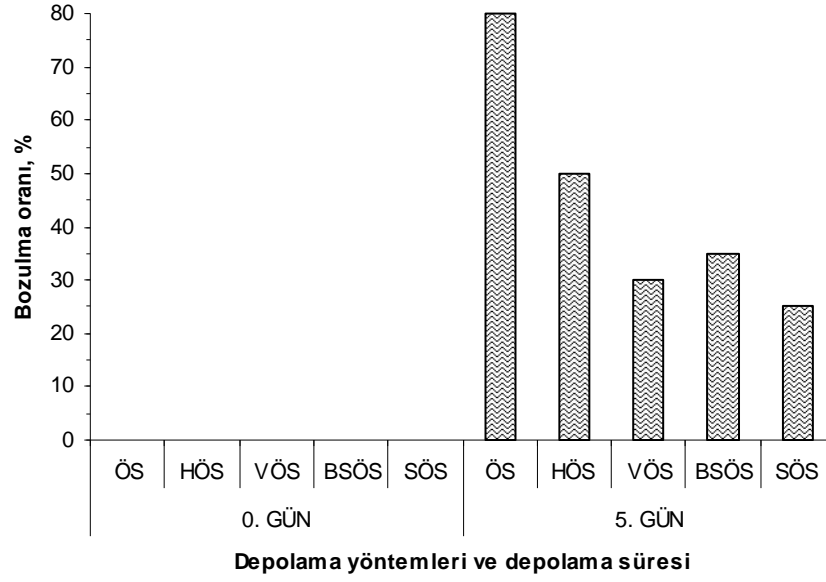
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.3.3. Ispanak bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

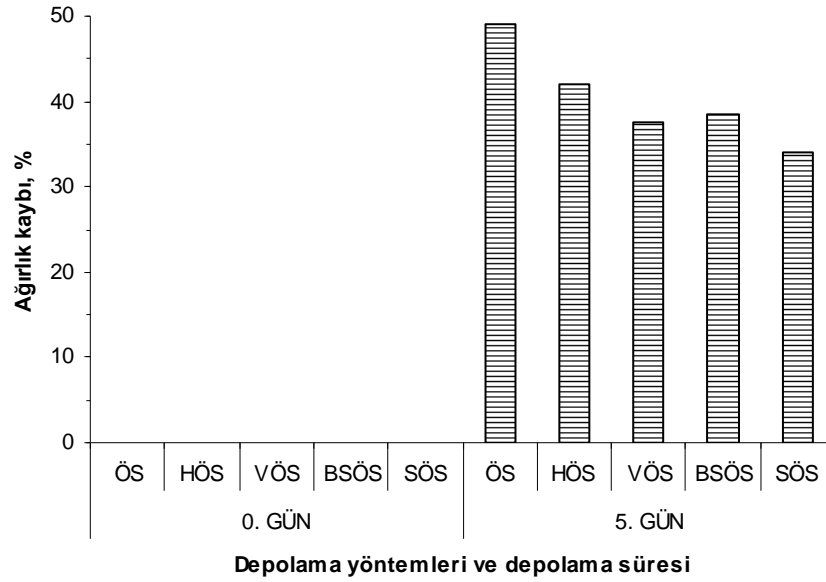
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ıspanaklar ile hiç soğutma işlemi yapılmamış ıspanakların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0. ve 5. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.28’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.28’e göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %25 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %50 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yönteminde 5. günün sonunda oluşan bozulma oranları ise sırasıyla %35 ve %30 olarak saptanmıştır. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre en fazla bozulma ön soğutma yapılmamış materyallerde %80 değeri ile meydana gelmiştir. Meydana gelen bozulma oranı değerlerinden yola çıkılarak bir ton ürün için bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 5. günün sonunda 800 kg ton^{-1} ürünün bozularak atıldığı anlaşılmıştır. Ancak suyla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan ıspanaklarda 5. günün sonunda bozulan ürün miktarının 250 kg ton^{-1} olduğu belirlenmiştir. Buradan pazara çıkarılmadan önce ıspanağa suyla ön soğutma yapılması ile hasattan sonra hiç işlem görmeden pazara çıkarılması arasında 5. günde 550 kg ton^{-1} ürün kazancı sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış ıspanakların pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0. ve 5. günlerde yapılan ölçümler sonuçları ile birlikte Şekil 3.29’da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Ağırlık kaybının en az olduğu yöntemin %34 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %37.5, 38.5 ve 42 değerleri ile suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön

soğutma yapılmamış ıspanaklarda 5. günün sonundaki ağırlık kaybı değeri ise %49 olarak ölçülmüştür.

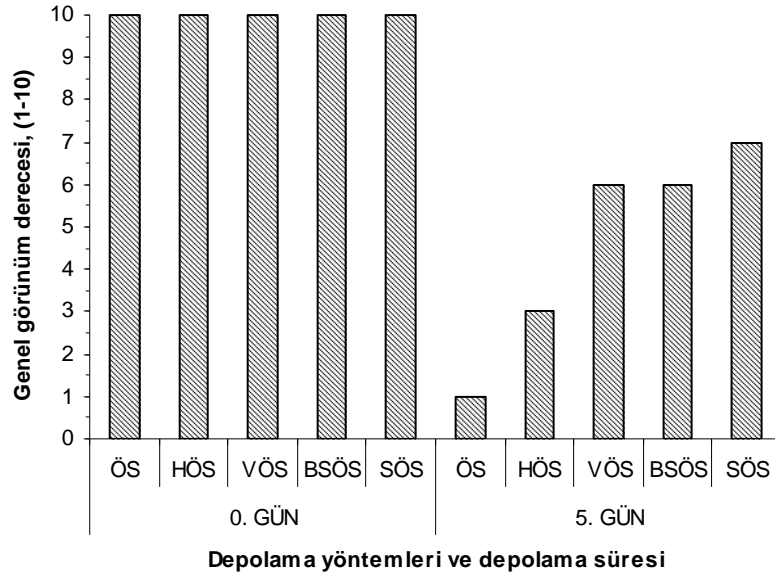


Şekil 3.28. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)



Şekil 3.29. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış ıspanakların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0. ve 5. günlerde yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak Şekil 3.30’da verilmiştir. Tüm yöntemler için 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 suyla ön soğutulmuş ıspanaklar “7” puan ile “iyi” olarak derecelendirilmiş, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş ıspanaklar “6” puan ile “satılabilir” olarak sınıflandırılmıştır. Havayla ön soğutularak 5 gün boyunca oda koşullarında bekletilen ıspanakların genel görünüm derecesi ise “3” puan ile “satılamaz” olarak değerlendirilmiştir. Ön soğutma yapılmamış ıspanaklarda 5. günün sonundaki genel görünüm derecesi ise “1” puanı ile “kullanılamaz” olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.30. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ıspanak bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış ıspanakların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün boyunca bekletilmesi sonucu bir renk ölçüm cihazıyla ölçülen renk değerleri (L, a, b, C, α) 0. ve 5. günlerde yapılan renk okumaları dikkate alınarak Çizelge 3.14’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş ıspanakların 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Tüm soğutma yöntemlerine ait numunelerin renk değerleri içinde, oda koşullarında 5. günün sonunda taze ürüne en yakın renk değerlerinin suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Bunu sırasıyla vakumla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Taze ürünün renk değerlerine en uzak sonuçlar ise ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılan ürünlerin renk değerlerinde gözlemlenmiştir. Farklı yöntemlerle ön soğutulmuş ıspanakların oda koşullarında 0. ve 5. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.14’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

3.3.4. Ispanağın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Ispanağın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.15’de verilmiştir. Çizelge 3.15’de hesaplanmış termodinamik değerlere göre buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi, 1829.331 kJ değeri basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 1678.512 kJ değeri ile suyla, 1582.868 kJ değeri ile vakumla ve 1493.169 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarı ($Q_{2,3}$) değerinin en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 1985.074 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 1822.242 kJ değeri ile suyla ön soğutma, 1718.409 kJ değeri ile vakumla ön soğutma ve 1620.293 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 155.743 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 143.730 kJ değeri ile suyla, 135.541 kJ değeri ile vakumla ve 127.124 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Çizelge 3.14. Ispanak bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L	a	b	C	α°			
		**	**	**	**	**	**	**	**
ÖS	0	33.33 ± (0.162) ^a	-8.25 ± (0.064) ^a	12.24 ± (0.139) ^{ab}	14.76 ± (0.138) ^d	123.98 ± (0.25) ^a	0.000 ± (0.000) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	17.28 ± (0.098) ^h	-2.61 ± (0.124) ^f	7.77 ± (0.044) ^f	8.20 ± (0.081) ^f	108.58 ± (0.73) ^d	49.000 ± (4.580) ^d	80.000 ± (5.770) ^d	1.000 ± (0.000) ^d
HÖS	0	29.90 ± (0.203) ^d	-6.92 ± (0.232) ^b	10.59 ± (0.113) ^c	12.65 ± (0.196) ^c	123.15 ± (0.76) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	19.27 ± (0.035) ^g	-3.42 ± (0.101) ^e	8.46 ± (0.103) ^e	9.12 ± (0.059) ^e	112.03 ± (0.82) ^c	42.000 ± (1.730) ^{cd}	50.000 ± (2.520) ^c	3.000 ± (0.577) ^c
VÖS	0	32.31 ± (0.125) ^c	-7.94 ± (0.055) ^a	11.93 ± (0.070) ^b	14.33 ± (0.077) ^b	123.65 ± (0.18) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	22.06 ± (0.103) ^e	-3.93 ± (0.075) ^{cd}	9.00 ± (0.113) ^d	9.83 ± (0.073) ^d	113.61 ± (0.66) ^{bc}	37.500 ± (1.800) ^{bc}	30.000 ± (3.610) ^b	6.000 ± (0.577) ^b
BSÖS	0	32.74 ± (0.044) ^b	-8.05 ± (0.058) ^a	12.04 ± (0.066) ^{ab}	14.48 ± (0.087) ^{ab}	123.75 ± (0.05) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	21.63 ± (0.020) ^f	-3.64 ± (0.023) ^{de}	8.59 ± (0.026) ^e	9.33 ± (0.033) ^e	112.98 ± (0.07) ^{bc}	38.500 ± (2.020) ^{bc}	35.000 ± (2.520) ^b	6.000 ± (0.000) ^b
SÖS	0	32.97 ± (0.040) ^{ab}	-8.17 ± (0.081) ^a	12.30 ± (0.066) ^a	14.76 ± (0.087) ^a	123.60 ± (0.22) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	22.24 ± (0.026) ^e	-4.08 ± (0.035) ^c	9.08 ± (0.098) ^d	9.96 ± (0.075) ^d	114.21 ± (0.41) ^b	34.000 ± (2.080) ^b	25.000 ± (2.520) ^b	7.000 ± (0.289) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

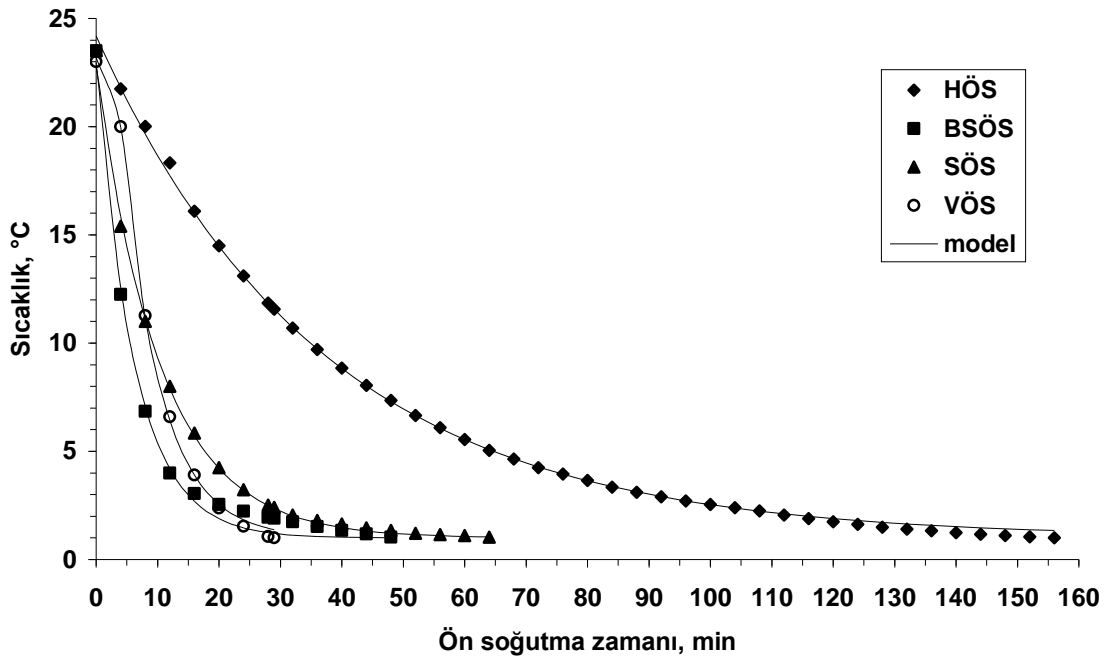
Çizelge 3.15. Ispanağın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması
sirasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q_a (kJ)	1340.579	673.159	1340.579	1371.046
Q_b (kJ)	151.720	908.839	487.882	306.596
Q_c (kJ)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q_d (kJ)	0	0	0	0
Q_e (kJ)	0	0	0	0
$Q_t=Q_{4,1}$ (kJ)	1493.169	1582.868	1829.331	1678.512
h_1 (kJ kg ⁻¹)	189.02600	189.02600	189.02600	189.02600
h_2 (kJ kg ⁻¹)	200.19071	200.21394	200.19071	200.21394
h_3 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.371	57.88800	58.371
h_4 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.371	57.88800	58.371
S_1 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.699960	0.699960
S_2 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.699960	0.699960
S_3 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21792	0.21954	0.21792	0.21954
S_4 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.221568	0.2233315	0.221568	0.2233315
T_1 (K°)	274	274	274	274
T_2 (K°)	298.4574	298.5123	298.4574	298.5123
T_3 (K°)	296	296.5	296	296.5
T_4 (K°)	274	274	274	274
P_1 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P_2 (MPa)	0.61814	0.62658	0.61814	0.62658
P_3 (MPa)	0.61814	0.62658	0.61814	0.62658
P_4 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V_1 (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V_2 (m ³ kg ⁻¹)	0.0298101	0.0297765	0.0298101	0.0297765
V_3 (m ³ kg ⁻¹)	0.0007596	0.0007607	0.0007596	0.0007607
V_4 (m ³ kg ⁻¹)	0.0080423	0.0082127	0.0080423	0.0082127
X_4 (%)	13.71	14.028	13.71	14.028
m (kg h ⁻¹)	11.38624	12.11487	13.94966	12.84690
$Q_{4,1}$ (kJ)	1493.169	1582.868	1829.331	1678.512
$Q_{2,3}$ (kJ)	1620.293	1718.409	1985.074	1822.242
$W_{1,2}$ (kJ)	127.124	135.541	155.743	143.730
C_{so}	11.746	11.678	11.746	11.678
C_{is}	12.746	12.678	12.746	12.678

3.4. Semizotu Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.4.1. Semizotu bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Semizotunun havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin diyagram Şekil 3.31’de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan semizotlarının ilk sıcaklıklarının sırasıyla, 23.5°C, 23°C, 23.5°C ve 23.5°C olduğu belirlenmiştir. Semizotu kasalarının merkezine 2 adet, sağ, sol, ön ve arka kenarlarına 1’er adet, üst ve altına 1’er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayar ortamına kaydedilmiş ve soğutma işlemlerine kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C’yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri, kasalara yerleştirilen 8 adet sıcaklık probundan alınan verilerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.31. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Semizotunun ön soğutulmasında vakumla ön soğutma yönteminin 29 dakika ile en kısa, havayla ön soğutma yönteminin ise 156 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin, havayla ön soğutma yöntemine göre 5.38 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği belirlenmiştir. Suyla ön soğutma 64 dakika, basınçlı suyla ön soğutma ise 48 dakikada gerçekleşmiştir. Su debisinin 2.5 L min^{-1} değerinden, 7.1 L min^{-1} değerine çıkarılması ile soğutma zamanında 1.33 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde soğutma süresi vakumla ön soğutma yöntemine göre sırasıyla 1.66 ve 2.21 kat artmış; havayla ön soğutma yöntemine göre ise 3.25 ve 2.44 kat azalmıştır.

Semizotu bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler Çizelge 3.16’da 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 “ R^2 ” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9989 değeri ile havayla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9925 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin “ R^2 ” değerlerinin sırasıyla 0.9988 ve 0.9987 olduğu saptanmıştır. Ayrıca Çizelge 3.16’da tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısının sırasıyla 0.156, 0.096, 0.027 ve 0.160 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.16. Semizotu bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler

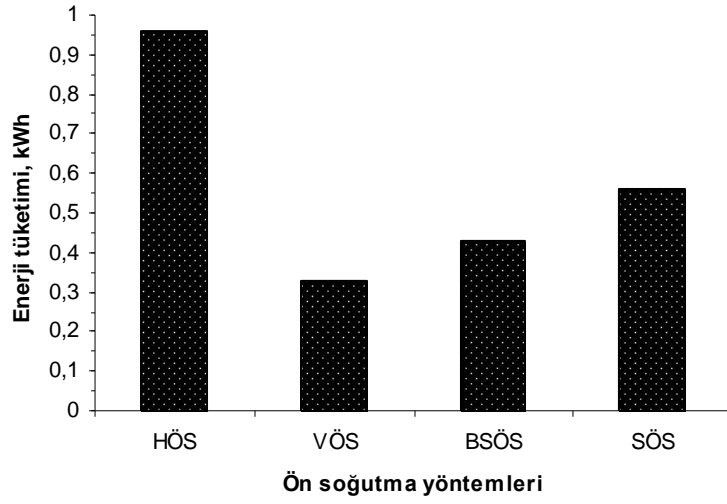
Ön Soğutma Yöntemi	Tahminin Standart Hatası (SEE) **	Regresyon modeli karar katsayısı R^2 **	Soğutma Katsayısı (CR) **
HÖS	0.209537	0.9989	0.0271488977
VÖS	0.225189	0.9988	0.1562340730
BSÖS	0.478254	0.9925	0.1603615780
SÖS	0.200123	0.9987	0.0957241861

** $P < 0.01$ olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

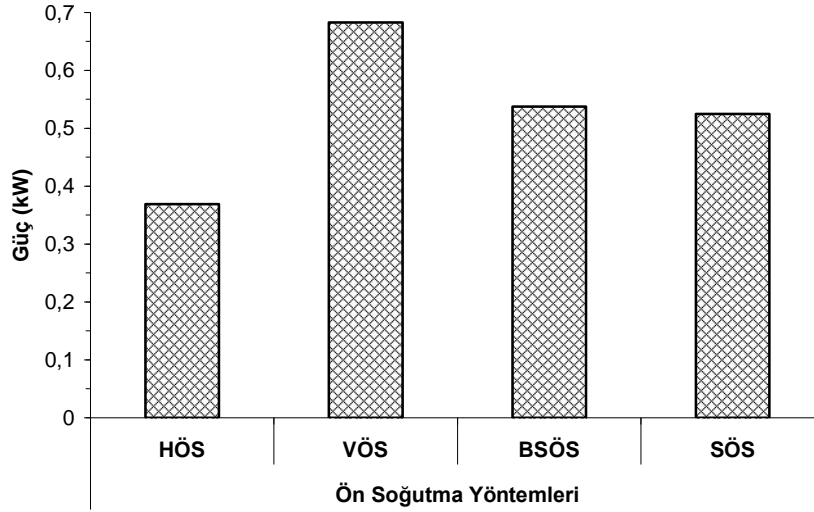
Semizotunun vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-5’de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 29 dakika sürmüştür, sistem parlama noktasına karşılık gelen 2.83 kPa’lık basınca 3 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 kPa basınca ise 9 dakikada ulaşmıştır. Bu dakikadan sonra sistem basıncı soğutma işleminin sonuna kadar maksimum vakum değerine karşılık gelen 0.66 kPa basınç değerinde sabit kalmıştır.

Semizotu bitkisinin ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.32’de verilmiştir. Semizotunun soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 0.96 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla 0.56 kWh, 0.43 kWh ve 0.33 kWh değerleri ile suyla, basınçlı 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 2.91 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketimi değerinin, su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketimi değerine göre 1.30 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna göre basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Semizotunun havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri “kW” cinsinden Şekil 3.33’de verilmiştir. Şekil 3.33’e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.6828 kW değeri ile meydana gelirken; bunu sırasıyla 0.5375 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.5250 kW değeri ile suyla ön soğutma, 0.3692 kW değeri ile havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. En fazla gücün harcandığı vakumla ön soğutma yöntemindeki gereksiniminin, en az gücün tüketildiği havayla ön soğutma yöntemindeki güç gereksinimine göre 1.85 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin, su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.02 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır.



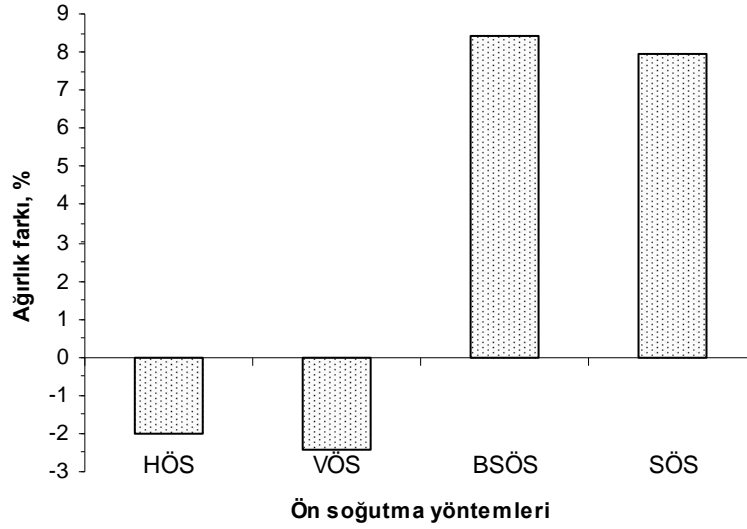
Şekil 3.32. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)



Şekil 3.33. Semizotunun havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan semizotu 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 semizotu kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş

ürünlerde sırasıyla %8.40 ve %7.94 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %1.98 ve %2.42 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.34’de verilmiştir.



Şekil 3.34. Semizotunun vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Semizotu bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.17’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

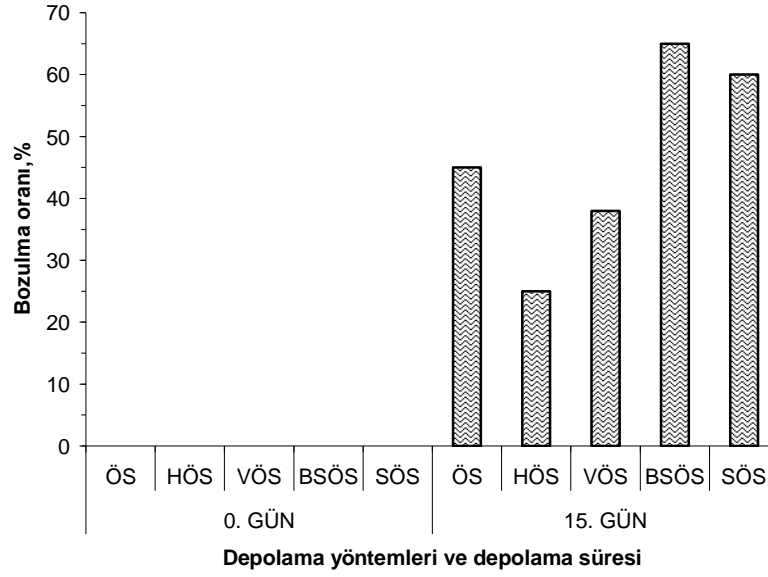
Çizelge 3.17. Semizotu bitkisinin ön soğutma parametreleri

Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	156 ± (3.210) ^d	0.96 ± (0.0153) ^c	0.3692 ± (0.00236) ^a	-1.98 ± (0.0208) ^d
VÖS	29 ± (1.530) ^a	0.33 ± (0.0153) ^d	0.6828 ± (0.00315) ^c	-2.42 ± (0.0586) ^a
BSÖS	48 ± (1.530) ^b	0.43 ± (0.0153) ^a	0.5375 ± (0.00455) ^b	8.40 ± (0.0557) ^b
SÖS	64 ± (1.530) ^c	0.56 ± (0.0153) ^b	0.5250 ± (0.00222) ^b	7.94 ± (0.0681) ^c

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.4.2. Semizotu bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

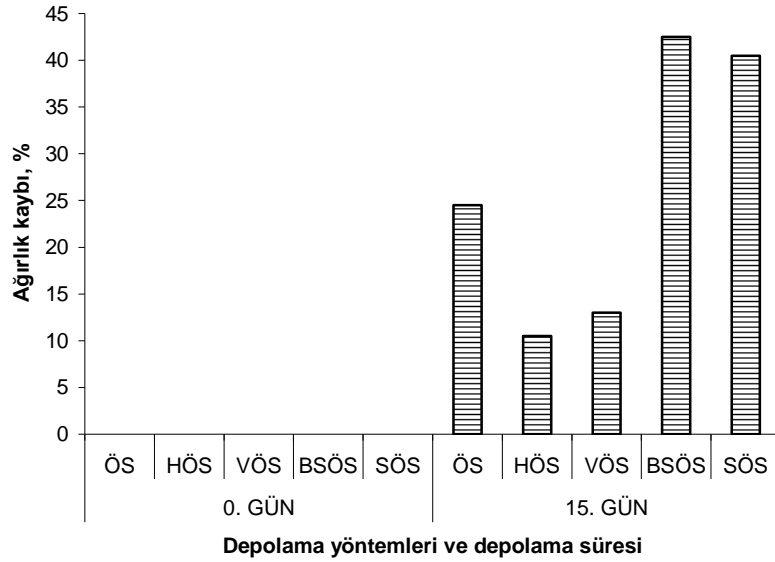
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş semizotları ile hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.35’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.35’e göre kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında ise en az bozulmanın %25 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %65 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış semizotlarının 15. günün sonunda %45 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla, %38 değeri ile vakumla, %60 değeri ile suyla, ve %65 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Havayla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre %160, basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının ise suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre %8 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Suyun hassas bir yapıya sahip olan semizotunun yaprak yüzeyini zedelemesi nedeniyle, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri hiç ön soğutma yapılmamış materyallere oranla daha fazla bozulmaya neden olmuştur. Kontrollü atmosfer odasında 15 günlük depolama işlemi sonunda semizotlarında oluşan bozulma oranlarını değerlerinden yola çıkılarak bir tonluk üründe meydana gelen bozulma oranları hesaplanmıştır. Buna göre, havayla ön soğutma yapılmış semizotunda bozulma oranının 250 kg ton⁻¹ olduğu, basınçlı suyla ön soğutma yapılmış semizotundaki bozulma oranının ise 650 kg ton⁻¹ olduğu saptanmıştır. Semizotunun havayla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 15 gün boyunca depolanmasının, basınçlı suyla ön soğutma yapılarak soğuk depolamasına göre ton başına 400 kg, hiç ön soğutma yapılmadan depolanmasına göre ise ton başına 200 kg ürün kaybını önlediği belirlenmiştir. Çalışmada semizotunun soğuk depolanmasından önce basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yapılmasının büyük ölçüde ürün kaybına neden olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.35. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 15. gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş semizotları ile hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.36’da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.36’ya göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %10.5 değeri ile vakumla ön soğutma, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntemin ise %42.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Suyla ön soğutma yönteminde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybının %40.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine oldukça yakın olduğu saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybının %13 olduğu, hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarında oluşan ağırlık kaybının ise %24.5 olduğu saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış semizotlarının 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerinin en az ağırlık kaybının olduğu havayla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybı değerine göre 2.33 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde oluşan ağırlık kaybı değerinin hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarında oluşan ağırlık kaybı değerinden sırasıyla 1.65 ve 1.74 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Semizotunun soğuk

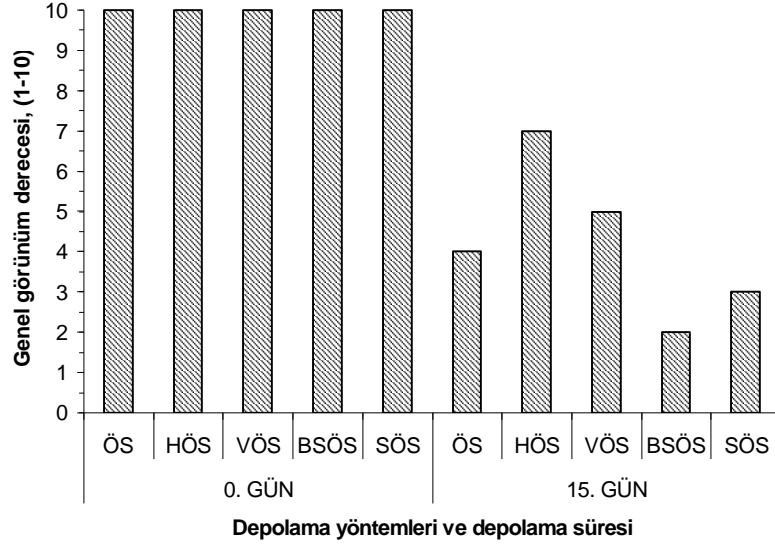
depolanmasından önce suyla ve havayla ön soğutma yapılmasının hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmasına göre daha fazla ürün kaybına neden olduğu saptanmıştır. Bu nedenle çalışmada, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin semizotunun ön soğutulmasında kullanılmaması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.36. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 15. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş semizotları ile hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.37’de verilmiştir. 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Buna göre 15. gün sonunda havayla ön soğutma yöntemi ile soğutulmuş semizotlarının kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen semizotlarının genel görünüm derecesi “7” puan ile “iyi”, vakumla ön soğutulmuş semizotlarının kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen semizotlarının genel görünüm derecesi “5” puan ile “satılabilir”, suyla ön soğutulmuş semizotlarının genel görünüm derecesi “3” puan ile “satılamaz” ve basınçlı suyla soğutulmuş semizotlarının kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen semizotlarının genel görünüm derecesi ise “2” puan

ile “*kullanılmaz*” olarak derecelendirilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış semizotlarının genel görünüm derecesi ise “4” değeri ile “*satılmaz*” sınıfına dahil edilmiştir.



Şekil 3.37. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 15.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş semizotları ile hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.18’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş semizotlarının 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 havayla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen semizotlarının renk değerlerinin, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş soğuk depolanan ürünlere göre taze ürüne daha yakın renk değerlerinde olduğu saptanmıştır. Çalışmada, kontrollü atmosfer odasına konulmadan önce, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma işleminin uygulanmasının renk değerlerini bozucu bir faktör olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.18. Semizotu bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm (1-10)
		L	a	b	C	α°			
		**	**	**	**	**	**	**	**
ÖS	0	32.26 ± (0.075) ^a	-8.37 ± (0.064) ^a	13.44 ± (0.041) ^a	15.84 ± (0.068) ^a	121.91 ± (0.12) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	23.57 ± (0.046) ^f	-5.75 ± (0.105) ^d	10.31 ± (0.083) ^c	11.81 ± (0.120) ^d	119.16 ± (0.29) ^b	24.500 ± (2.470) ^c	45.000 ± (2.890) ^c	4.000 ± (0.577) ^{cd}
HÖS	0	32.08 ± (0.113) ^a	-8.24 ± (0.055) ^a	13.25 ± (0.050) ^a	15.61 ± (0.047) ^a	121.87 ± (0.21) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	28.84 ± (0.060) ^c	-7.05 ± (0.043) ^b	11.58 ± (0.107) ^b	13.55 ± (0.112) ^b	121.33 ± (0.10) ^a	10.500 ± (1.800) ^b	25.000 ± (3.210) ^b	7.000 ± (0.289) ^b
VÖS	0	30.87 ± (0.183) ^b	-7.26 ± (0.125) ^b	11.38 ± (0.084) ^b	13.50 ± (0.135) ^b	122.51 ± (0.28) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	25.86 ± (0.041) ^d	-6.00 ± (0.111) ^d	11.23 ± (0.065) ^b	12.74 ± (0.058) ^c	118.09 ± (0.52) ^b	13.000 ± (1.530) ^b	38.000 ± (1.530) ^c	5.000 ± (0.289) ^c
BSÖS	0	24.96 ± (0.068) ^e	-6.14 ± (0.035) ^{cd}	9.63 ± (0.056) ^d	11.43 ± (0.065) ^d	122.53 ± (0.05) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	21.46 ± (0.066) ^h	-4.02 ± (0.057) ^f	8.58 ± (0.199) ^e	9.47 ± (0.164) ^f	115.14 ± (0.76) ^c	42.500 ± (2.080) ^d	65.000 ± (2.080) ^d	2.000 ± (0.577) ^e
SÖS	0	26.04 ± (0.055) ^d	-6.50 ± (0.148) ^c	10.39 ± (0.141) ^c	12.56 ± (0.197) ^c	122.04 ± (0.26) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	22.16 ± (0.053) ^g	-4.54 ± (0.156) ^e	9.59 ± (0.136) ^d	10.62 ± (0.139) ^e	115.32 ± (0.82) ^c	40.500 ± (2.080) ^d	60.000 ± (2.650) ^d	3.000 ± (0.289) ^{de}

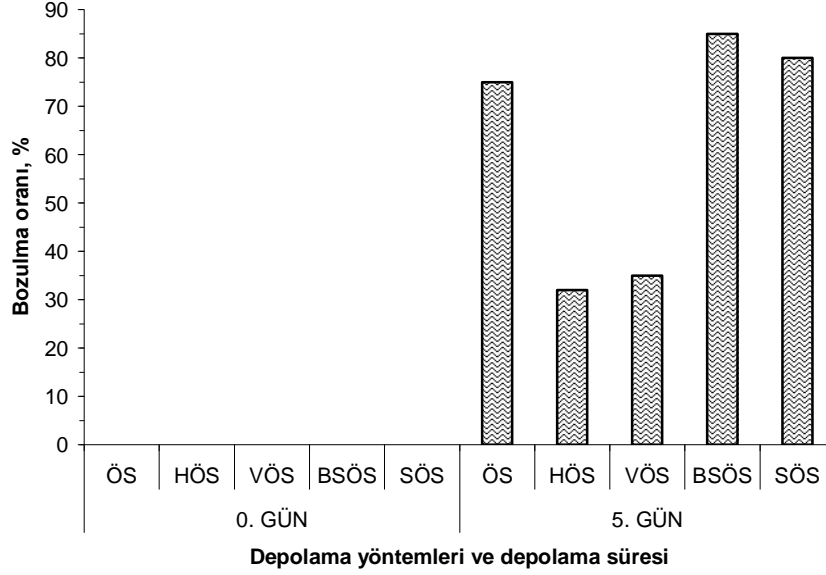
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş semizotları ile hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının kontrollü atmosfer odasında 0. ve 15. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.18'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

3.4.3. Semizotu bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

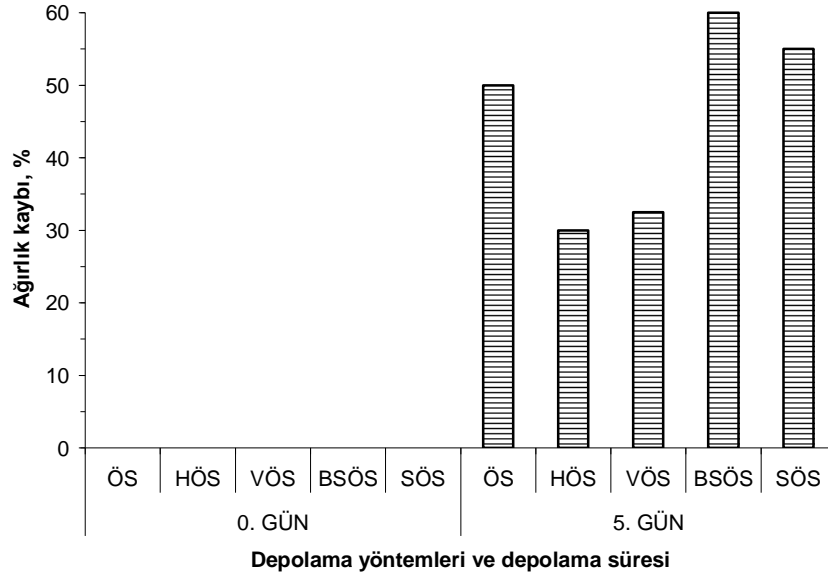
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş semizotları ile hiç soğutma işlemi yapılmamış semizotlarının pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0. ve 5. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.38'de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %32 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %85 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Suyla ön soğutma yönteminde 5. günün sonunda oluşan bozulma oranının ise %80 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemindeki bozulmaya yakın bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Vakumla ön soğutma yapılmış semizotlarının oda koşullarında 5. günün sonunda %32 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre hiç ön soğutma yapılmamış materyallerde saptanan bozulma oranının %75 değeri ile suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yapılarak bekletilen ürünlerdeki bozulma oranından sırasıyla %6.7 ve %13.3 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş olarak pazara çıkarılmış ürünlerde 5. günün sonunda sırasıyla 750, 850 ve 800 kg ton⁻¹ ürünün bozularak atıldığı saptanmıştır. Ancak havayla ve vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan semizotlarında 5. günün sonundaki bozulan ürün miktarının sırasıyla 320 ve 350 kg ton⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Buradan, pazara çıkarılmadan önce havayla ön soğutulan semizotlarının, hiç işlem görmeden pazara

çıkarılan semizotlarına oranla 5. günde 430 kg ton^{-1} ürün kazancı sağladığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, pazara çıkarılmadan önce havayla ön soğutulan ürünlerin pazara çıkarılmadan önce basınçlı suyla ön soğutulan ürünlere oranla 5. günde 530 kg ton^{-1} ürün kazancı sağladığı tespit edilmiştir.



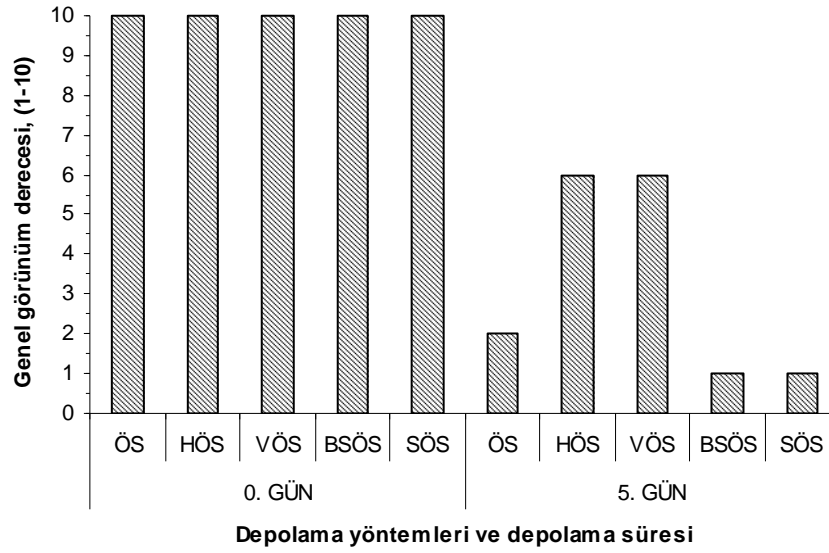
Şekil 3.38. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış semizotlarının pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0. ve 5. günlerde yapılan ölçüm sonuçları ile birlikte Şekil 3.39'da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.39'da havayla ön soğutma yöntemiyle soğutulmuş ve oda koşullarında 5 gün bekletilen semizotlarındaki ağırlık kaybının %30 değeri ile en az ağırlık kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla %32.5, %55 ve %60 değerleri ile vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış semizotlarında 5. günün sonundaki ağırlık kaybı değerinin %50 olduğu saptanmıştır. Çalışmada, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş ve 5 gün oda koşullarında muhafaza edilen semizotlarında oluşan ağırlık kaybının hiç ön soğutma yapılmadan oda koşullarında muhafaza edilen semizotlarında oluşan ağırlık kaybına göre sırasıyla %10 ve %20 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.39. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış semizotlarının pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0. ve 5. günlerde yapılan değerlendirmelerle dikkate alınarak Şekil 3.40’da verilmiştir. Tüm yöntemler için genel görünüm derecesi 0. günde “10” puan olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Genel görünüm derecelendirmesine göre, 10-9: çok iyi, 8-7: iyi, 6-5: satılabilir, 4-3: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Buna göre 5. günün sonunda havayla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş semizotları “6” puan ile “*satılabilir*” olarak derecelendirilirken, hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının 5. günün sonundaki genel görünüm derecesi “1” puan ile “*kullanılamaz*” olarak tanımlanmıştır. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş semizotlarında 5. günün sonundaki genel görünüm derecesi ise “2” puanı ile “*kullanılamaz*” olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.40. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş semizotu bitkisinin 0. ve 5.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış semizotlarının pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 5 gün boyunca bekletilmesi sonucu bir renk ölçüm cihazıyla ölçülen renk değerleri (L, a, b, C, α) 0. ve 5. günlerde yapılan renk okumaları dikkate alınarak Çizelge 3.19’da verilmiştir. Hiç işlem görmemiş semizotlarının 0. günde okunan renk değerleri taze ürünün renk değerlerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Tüm soğutma yöntemlerinin oda koşullarındaki 5. gün sonundaki renk değerleri incelendiğinde taze ürüne en yakın renk değerlerinin havayla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Bunu sırasıyla vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış semizotlarının renk değerinin ise suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş semizotlarının renk değerine göre, taze ürüne daha olduğu saptanmıştır. Taze ürünün renk değerlerine en uzak renk değerlerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleriyle soğutulmuş semizotlarının renk değerlerinde ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş semizotlarının oda koşullarında 0. ve 5. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.19’da verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.19. Semizotu bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L**	a**	b**	C**	α° **			
ÖS	0	32.26 ± (0.075) ^a	-8.37 ± (0.064) ^a	13.44 ± (0.041) ^a	15.84 ± (0.068) ^b	121.91 ± (0.12) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	16.25 ± (0.136) ^g	-3.02 ± (0.130) ^f	8.28 ± (0.027) ^f	8.82 ± (0.069) ^h	110.05 ± (0.73) ^{cd}	50.000 ± (1.800) ^c	75.000 ± (3.610) ^c	2.000 ± (0.000) ^c
HÖS	0	32.08 ± (0.113) ^a	-8.24 ± (0.055) ^a	13.25 ± (0.050) ^a	15.61 ± (0.047) ^b	121.87 ± (0.21) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	22.27 ± (0.081) ^e	-4.51 ± (0.026) ^d	9.55 ± (0.043) ^d	10.56 ± (0.050) ^f	115.25 ± (0.03) ^b	30.000 ± (2.840) ^b	32.000 ± (1.530) ^b	6.000 ± (0.577) ^b
VÖS	0	30.87 ± (0.183) ^b	-7.26 ± (0.125) ^b	11.38 ± (0.084) ^b	13.50 ± (0.135) ^c	122.51 ± (0.28) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	19.41 ± (0.110) ^f	-3.46 ± (0.121) ^e	8.93 ± (0.099) ^e	9.58 ± (0.136) ^g	111.14 ± (0.47) ^c	32.500 ± (1.760) ^b	35.000 ± (2.520) ^b	6.000 ± (0.000) ^b
BSÖS	0	24.96 ± (0.068) ^d	-6.14 ± (0.035) ^c	9.63 ± (0.056) ^d	11.43 ± (0.065) ^c	122.53 ± (0.05) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	15.03 ± (0.024) ⁱ	-2.10 ± (0.026) ^h	7.07 ± (0.041) ^g	7.38 ± (0.046) ⁱ	106.56 ± (0.11) ^e	60.000 ± (2.310) ^c	85.000 ± (2.890) ^c	1.000 ± (0.000) ^c
SÖS	0	26.04 ± (0.055) ^c	-6.50 ± (0.148) ^c	10.39 ± (0.141) ^c	12.56 ± (0.197) ^d	122.04 ± (0.26) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	15.50 ± (0.101) ^h	-2.52 ± (0.072) ^g	7.40 ± (0.188) ^g	17.82 ± (0.154) ^a	108.86 ± (0.94) ^d	55.000 ± (1.760) ^c	80.000 ± (3.210) ^c	1.000 ± (0.000) ^c

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.4.4. Semizotunun soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Semizotunun havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.20'de verilmiştir. Çizelge 3.20'de hesaplanmış termodinamik değerlere göre buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi, 1902.072 kJ değeri basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 1769.533 kJ değeri ile suyla, 1535.041 kJ değeri ile havayla ve 1517.070 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarı ($Q_{2,3}$) değerinin en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 2064.945 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 1921.057 kJ değeri ile suyla ön soğutma, 1666.486 kJ değeri ile havayla ön soğutma ve 1646.229 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 162.873 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 151.524 kJ değeri ile suyla, 131.445 kJ değeri ile havayla ve 129.159 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

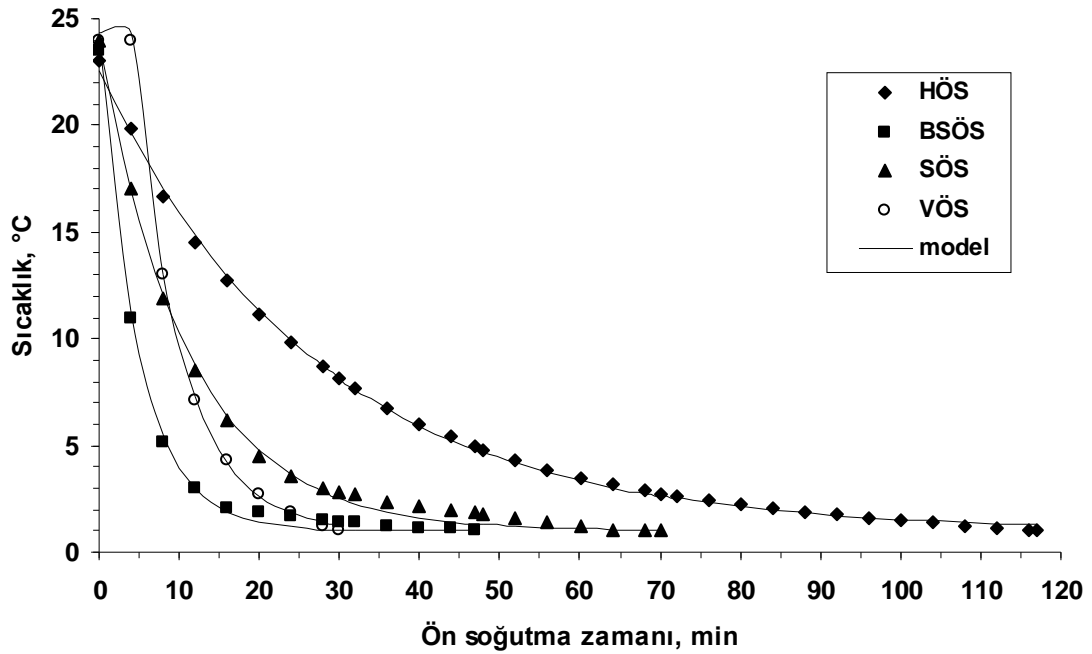
Çizelge 3.20. Semizotunun havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması
sirasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q _a (kJ)	1371.046	658.200	1371.046	1371.046
Q _b (kJ)	163.125	858.000	530.156	397.617
Q _c (kJ)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q _d (kJ)	0	0	0	0
Q _e (kJ)	0	0	0	0
Q _t =Q _{4,1} (kJ)	1535.041	1517.070	1902.072	1769.533
h ₁ (kJ kg ⁻¹)	189.02600	189.02600	189.02600	189.02600
h ₂ (kJ kg ⁻¹)	200.21394	200.19071	200.21394	200.21394
h ₃ (kJ kg ⁻¹)	58.371	57.88800	58.371	58.371
h ₄ (kJ kg ⁻¹)	58.371	57.88800	58.371	58.371
S ₁ (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.699960	0.699960
S ₂ (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.699960	0.699960
S ₃ (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21954	0.21792	0.21954	0.21954
S ₄ (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.2233315	0.221568	0.2233315	0.2233315
T ₁ (K°)	274	274	274	274
T ₂ (K°)	298.5123	298.4574	298.5123	298.5123
T ₃ (K°)	296.5	296	296.5	296.5
T ₄ (K°)	274	274	274	274
P ₁ (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P ₂ (MPa)	0.62658	0.61814	0.62658	0.62658
P ₃ (MPa)	0.62658	0.61814	0.62658	0.62658
P ₄ (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V ₁ (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V ₂ (m ³ kg ⁻¹)	0.0297765	0.0298101	0.0297765	0.0297765
V ₃ (m ³ kg ⁻¹)	0.0007607	0.0007596	0.0007607	0.0007607
V ₄ (m ³ kg ⁻¹)	0.0082127	0.0080423	0.0082127	0.0082127
X ₄ (%)	14.028	13.71	14.028	14.028
m (kg h ⁻¹)	11.74881	11.56850	14.55797	13.54355
Q _{4,1} (kJ)	1535.041	1517.070	1902.072	1769.533
Q _{2,3} (kJ)	1666.486	1646.229	2064.945	1921.057
W _{1,2} (kJ)	131.445	129.159	162.873	151.524
C _{so}	11.678	11.746	11.678	11.678
C _{is}	12.678	12.746	12.678	12.678

3.5. Bakla Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.5.1. Bakla bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Baklanın havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin diyagram Şekil 3.41’de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan baklaların ilk sıcaklıklarının sırasıyla, 23°C, 24°C, 24°C ve 23.5°C olduğu belirlenmiştir. Bakla kasalarının merkezine 2 adet, sağ, sol, ön ve arka kenarlarına 1’er adet, üst ve altına 1’er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiş ve soğutma işlemlerine kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C’yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise kasalara yerleştirilen 8 adet sıcaklık probundan alınan verilerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.41. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Vakumla ön soğutma yönteminin 30 dakika ile en kısa, havayla ön soğutma yönteminin ise 117 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin havayla ön soğutma yöntemine göre 3.9 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği tespit edilmiştir. Suyla ön soğutma yönteminin 70 dakika, basınçlı suyla ön soğutma yönteminin ise 47 dakikada gerçekleştiği belirlenmiştir. Su debisinin 2.5 L min^{-1} değerinden 7.1 L min^{-1} değerine çıkarılması ile soğutma zamanında 1.49 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde belirlenen soğutma süresinin vakumla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre sırasıyla 1.57 ve 2.33 kat arttığı; havayla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre ise 2.49 ve 1.67 kat azaldığı sonucuna varılmıştır.

Bakla bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler Çizelge 3.21’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 “ R^2 ” en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9995 değeri ile vakumla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9946 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Havayla ve suyla ön soğutma yöntemlerinin “ R^2 ” değerlerinin sırasıyla 0.9990 ve 0.9968 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çizelge 3.21’de tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısının sırasıyla 0.165, 0.090, 0.037 ve 0.204 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.21. Bakla bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler

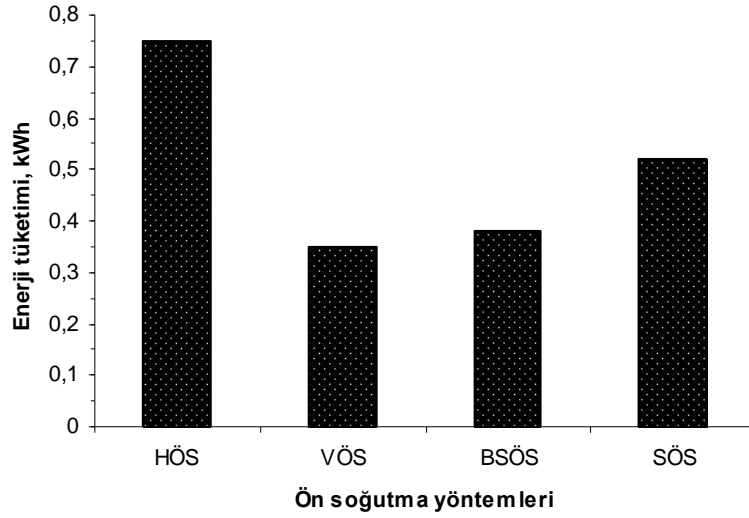
<i>Ön Soğutma Yöntemi</i>	<i>Tahminin Standart Hatası (SEE)**</i>	<i>Regresyon modeli karar katsayısı R^2**</i>	<i>Soğutma Katsayısı (CR)**</i>
HÖS	0.187179	0.9990	0.0368819133
VÖS	0.153960	0.9995	0.1654319020
BSÖS	0.380353	0.9946	0.2043197020
SÖS	0.328116	0.9968	0.0900602439

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

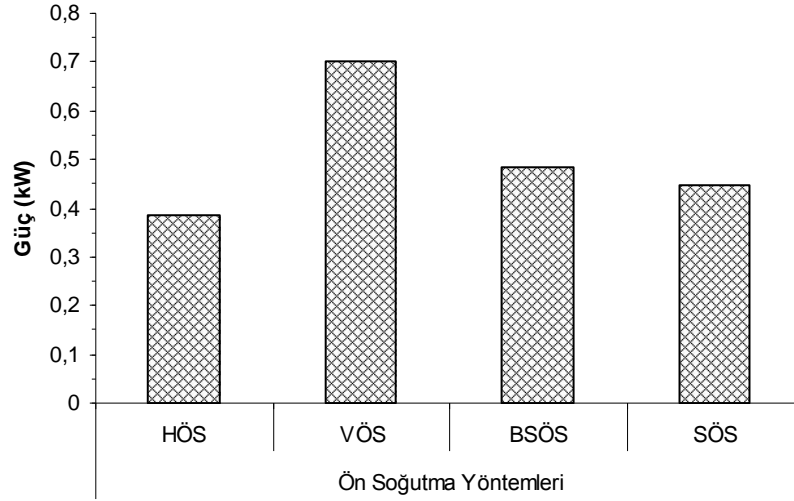
Baklanın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-6'da verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 30 dakika sürmüştür, sistem parlama noktasına karşılık gelen 3.01 kPa'lık basınca 4 dakikada, minimum basınç değeri olan 0.66 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.

Baklanın ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.42'de verilmiştir. Ön soğutma yöntemleri enerji tüketimleri açısından incelendiğinde baklanın soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 0.75 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.52 kWh, 0.38 kWh ve 0.35 kWh değerleri ile suyla, basınçlı 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 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketimi değerinin, su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketimi değerine göre 1.37 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri "kW" cinsinden Şekil 3.43'de verilmiştir. Şekil 3.43'e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.7000 kW değeri ile meydana gelirken; bunu sırasıyla 0.4851 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.4457 kW değeri ile suyla ön soğutma, 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 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin, su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.09 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



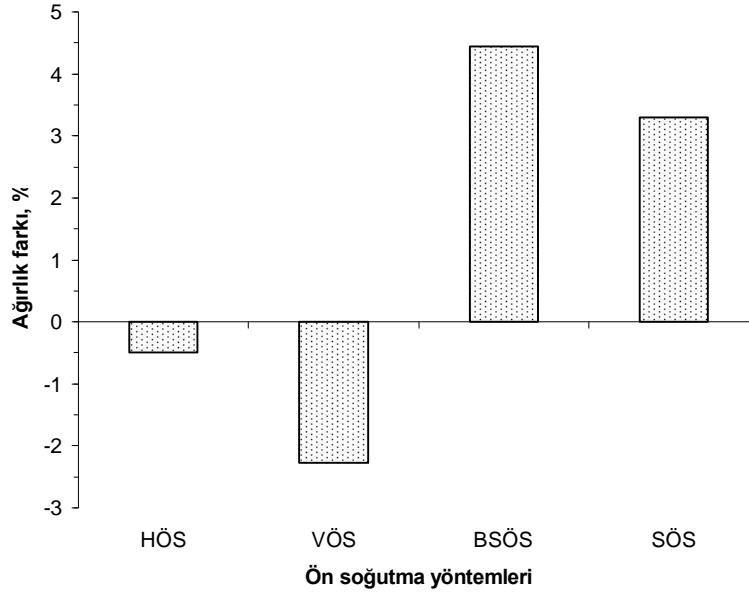
Şekil 3.42. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)



Şekil 3.43. Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

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 basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş ürünlerde sırasıyla %4.44 ve %3.30 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön

soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %0.50 ve %2.28 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.44'de verilmiştir.



Şekil 3.44. Baklanın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Bakla bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.22'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.22. Bakla bitkisinin ön soğutma parametreleri

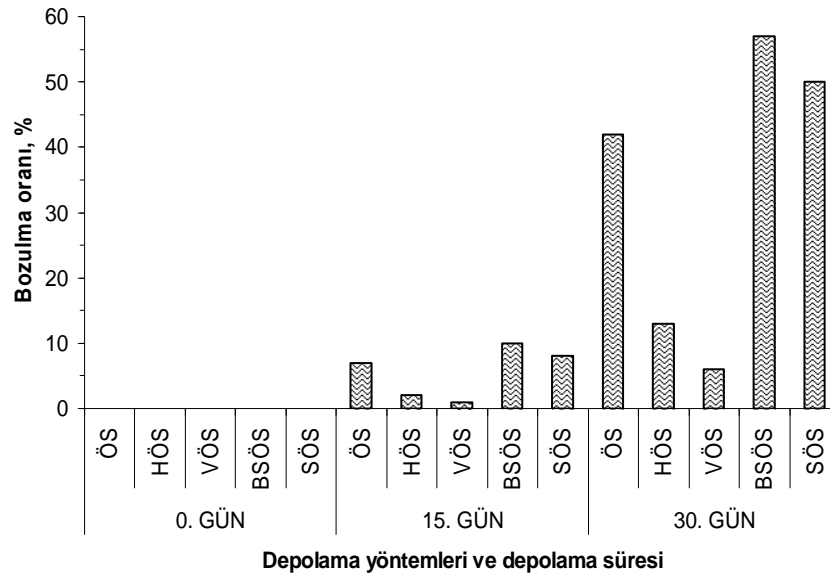
Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	117 ± (2.650) ^d	0.75 ± (0.0153) ^c	0.3846 ± (0.00278) ^a	-0.50 ± (0.0458) ^c
VÖS	30 ± (1.530) ^a	0.35 ± (0.0173) ^a	0.7000 ± (0.00387) ^d	-2.28 ± (0.0723) ^d
BSÖS	47 ± (1.530) ^b	0.38 ± (0.0100) ^a	0.4851 ± (0.00312) ^c	4.44 ± (0.0794) ^a
SÖS	70 ± (2.080) ^c	0.52 ± (0.0153) ^b	0.4457 ± (0.00454) ^b	3.30 ± (0.0666) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.5.2. Bakla bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

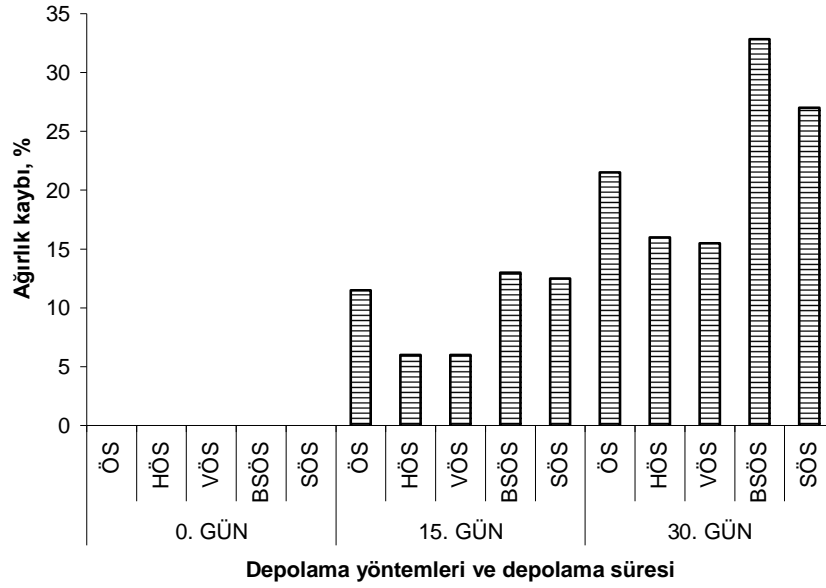
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.45’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.45’e göre 15. günde tüm soğutma yöntemleri içinde en az bozulma %1 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulma ise %10 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminde gerçekleşmiştir. Kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda belirlenen bozulma oranı değerlerine göre hiç ön soğutma yapılmamış baklalarda tespit edilen bozulma oranı, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş baklalara oranla daha azdır. Ön soğutma yapılmamış materyallerin 15. gün sonundaki bozulma oranı değeri %7 olarak belirlenmiştir. Bu değer 15. günde ön soğutma yöntemleri içinde en fazla bozulmaya neden olan basınçlı suyla ön soğutma yönteminde belirlenen bozulmaya göre %43 oranında daha az bozulmaya neden olmaktadır. Farklı yöntemler kullanılarak ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmadan soğutulmuş baklaların 15. günün sonunda meydana gelen bozulma oranına bakılarak bir ton ürün için kayıplar hesaplanmıştır. Buna göre, bir ton üründe vakumla ön soğutmada 10 kg, havayla ön soğutmada 20 kg, ön soğutma yapılmamış materyallerde 70 kg, suyla ön soğutulmuş materyallerde 80 kg ve basınçlı suyla ön soğutulmuş materyallerde ise 100 kg bozulma olduğu saptanmıştır. Vakumla ön soğutma işlemi yapılarak baklaların soğuk depolanması ile hiç ön soğutma yapılmadan ürünlerin soğuk depolanması arasında 15 günün sonunda bir ton üründe 70 kg ürün kaybı önlenmektedir. Baklanın soğuk muhafaza edilmeden suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması, hiç işlem görmeden soğuk depolanmasına oranla daha fazla bozulmaya neden olmaktadır. Bu nedenle baklanın ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin uygulanması tavsiye edilmemektedir. Kontrollü atmosfer odasında 30. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında ise en az bozulmanın %6 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %57 değeri ile suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış baklaların 30. günün sonunda %42 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna

göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, %13 değeri ile havayla, %42 değeri ile hiç işlem görmemiş ürünler, %50 değeri ile suyla ve %57 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Vakumla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre 9.5 kat, suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre ise 8.33 kat daha az olduğu tespit edilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış baklalarda kontrollü atmosfer şartlarında 30. günün sonunda saptanan bozulma oranı, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan bozulma oranına göre sırasıyla 1.36 ve 1.19 kat daha az bozulmaya neden olmuştur. Kontrollü atmosfer odasında 30 günlük depolama işlemi sonunda baklalarda oluşan bozulma oranları bir ton ürün için hesaplanmıştır. Vakumla ön soğutma yapılmış baklada 30. gün sonunda belirlenen bozulma oranının 60 kg, basınçlı suyla ön soğutma yapılmış bakladaki bozulma oranının ise 570 kg olduğu belirlenmiştir. Baklanın vakumla ön soğutma yapılarak kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca depolanması ile, basınçlı suyla ön soğutma yapılarak soğuk depolanmasına göre 510 kg ton⁻¹, hiç ön soğutma yapılmadan depolanmasına göre ise 360 kg ton⁻¹ ürün kaybı önlenmektedir. Çalışmada baklanın soğuk depolamadan önce basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmasının, büyük ölçüde ürün kaybına neden olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.45. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki bozulma oranları (%)

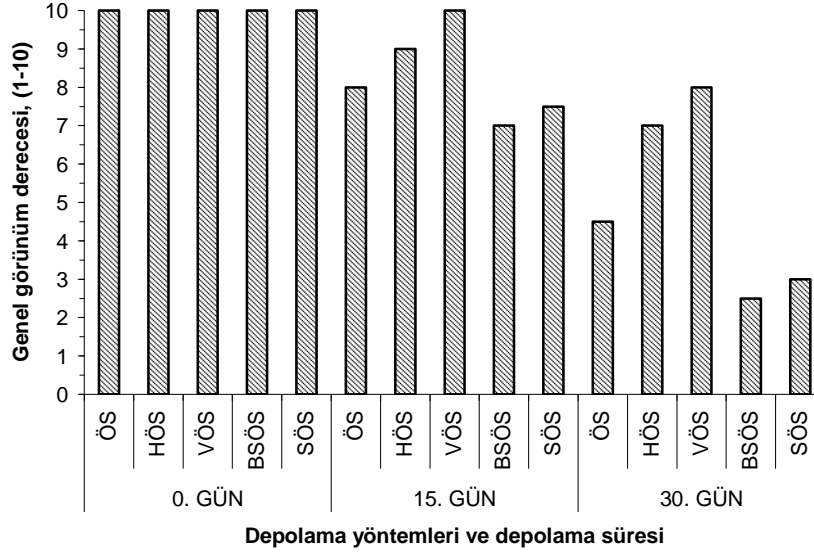
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.46'da verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.46'ya 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 %13 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Suyla ön soğutma yönteminde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybının %12.5, 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 basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerine göre ise sırasıyla %1.13 ve %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, %27 değeri ile suyla ön soğutma yönteminin ve %32.83 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer şartlarında soğuk muhafaza edilmiş baklalarda 30 gün boyunca muhafaza edilen baklalarda oluşan ağırlık kaybı değerine oranla sırasıyla 1.53 ve 1.26 kat daha az olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, baklaların soğuk depolama işleminden önce basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması, hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmasına göre daha fazla ağırlık kaybına neden olmaktadır.



Şekil 3.46. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisininin 0., 15. ve 30. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.47’de verilmiştir. 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: satılamaz, 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 ve basınçlı suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise sırasıyla “7.5” ve “7” 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 ve basınçlı suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 30 gün muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise sırasıyla “3” ve “2.5” puan ile “*satılamaz*” olarak derecelendirilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer

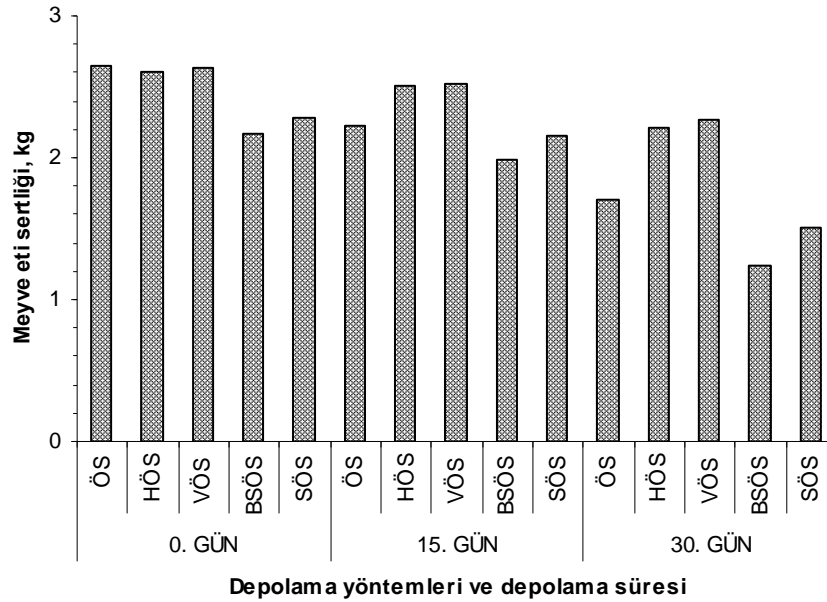
odasında 30 gün boyunca muhafaza edilen baklaların genel görünüm derecesi ise “4.5” değeri ile “*satılabilir*” olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.47. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş meyve eti sertliği değerleri Şekil 3.48’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş baklaların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.48’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, 2.15 kg değeri ile değeri ile suyla ve 1.98 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklaların 15. gün sonundaki sertlik değerinin vakumla ön soğutulmuş baklaların sertlik değerine göre %13 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş baklaların 15 gün boyunca kontrollü atmosfer odasında soğuk muhafaza edilmiş baklaların sertlik derecesinin ise hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmış baklaların sertlik

derecesine göre sırasıyla %3.7 ve %12.6 oranında daha az olduğu saptanmıştır. Kontrollü atmosfer odasında 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, 1.51 kg değeri ile suyla ön soğutma ve 1.24 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklalarda 30. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan sertlik değerinden sırasıyla %13.3 ve %37.9 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemi baklaların soğuk depolanması sürecinde sertliklerinin azalmasına neden olmuştur. Sonuç olarak çalışmada, baklanın ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılmaması gerektiği belirlenmiştir.



Şekil 3.48. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.23’de verilmiştir. 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, suyla, basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Hiç işlem yapılmadan kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen baklaların renk değerlerinin ise suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş soğuk depolanan baklaların renk değerlerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, renk değerlerinde büyük oranda kayba neden olması bakımından baklaların suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı, sertlik değeri ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.23'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.23. Bakla bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Meyve Eti Sertliği (kg)	Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L	a	b	C	α°				
		**	**	**	**	**	**	**	**	**
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) ⁱ	-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) ^{efg}	-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}
BSÖS	0	35.43 ± (0.209) ^h	-7.82 ± (0.050) ^g	15.60 ± (0.128) ^h	17.45 ± (0.100) ^h	116.64 ± (0.31) ^{ef}	2.173 ± (0.018) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	35.38 ± (0.208) ^h	-7.47 ± (0.053) ^h	15.27 ± (0.046) ^{hi}	17.00 ± (0.054) ⁱ	116.07 ± (0.15) ^f	1.983 ± (0.015) ^e	13.000 ± (2.080) ^c	10.000 ± (2.520) ^c	7.000 ± (0.289) ^c
	30	32.95 ± (0.043) ^j	-7.28 ± (0.055) ^h	14.91 ± (0.061) ⁱ	16.60 ± (0.031) ^j	116.02 ± (0.26) ^f	1.237 ± (0.033) ^h	32.833 ± (1.090) ^f	57.000 ± (4.360) ^e	2.500 ± (0.289) ^f
SÖS	0	36.23 ± (0.115) ^{fg}	-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) ⁱ	-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 istatistiki olarak önemlidir.

3.5.3. Bakla bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

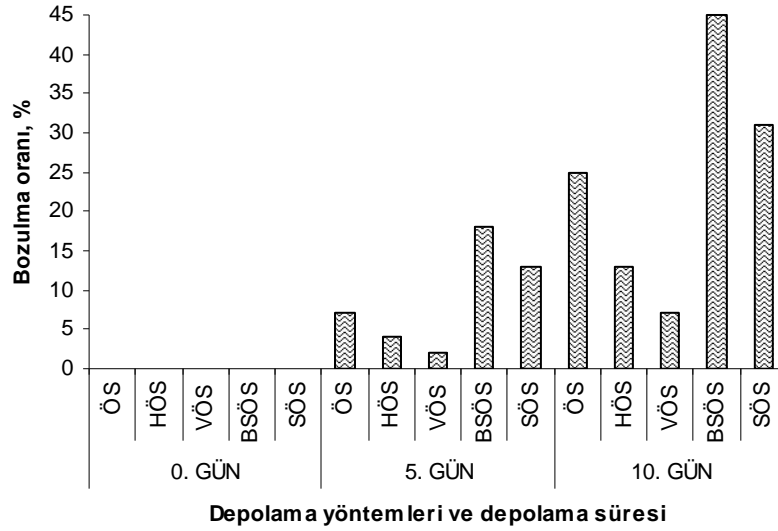
Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş baklalar ile hiç soğutma işlemi yapılmamış baklaların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemli ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0., 5. ve 10. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.49'da verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.49'a göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %2 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %18 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri olduğu saptanmıştır. Suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinde 5. günün sonunda oluşan bozulma oranının ise sırasıyla %13 ve %4 olduğu belirlenmiştir. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine göre hiç ön soğutma yapılmamış materyallerde %7 oranında bozulma meydana gelmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak kayıplar bir ton ürün için hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 5. günün sonunda 70 kg ton⁻¹ ürünün bozulmuş olarak atıldığı saptanmıştır. Vakumla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan baklalarda 5. günün sonundaki bozulmuş ürün miktarı 20 kg ton⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş ürünlerin oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilen baklalarda meydana gelen bozulma oranının ise sırasıyla 130 ve 180 kg ton⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Buradan, hasattan hemen sonra pazar koşullarında satışa çıkarılan baklalara vakumla ön soğutma yapılması ile işlem görmeden pazara çıkarılması arasında 5. günde 50 kg ton⁻¹ ürün kazancı sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş ürünlerin pazara çıkarılan baklalardaki bozulma oranının hasattan hemen sonra hiç ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılan baklalarda gözlemlenen bozulma oranından sırasıyla 110 ve 160 kg ton⁻¹ daha fazla olduğu saptanmıştır.

Havayla, vakumla suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yapılmış baklalar ile ön soğutma yapılmamış baklaların oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilmeleri sonucu saptanan bozulma oranı değerlerine göre en az bozulma %7 değeri ile vakumla ön

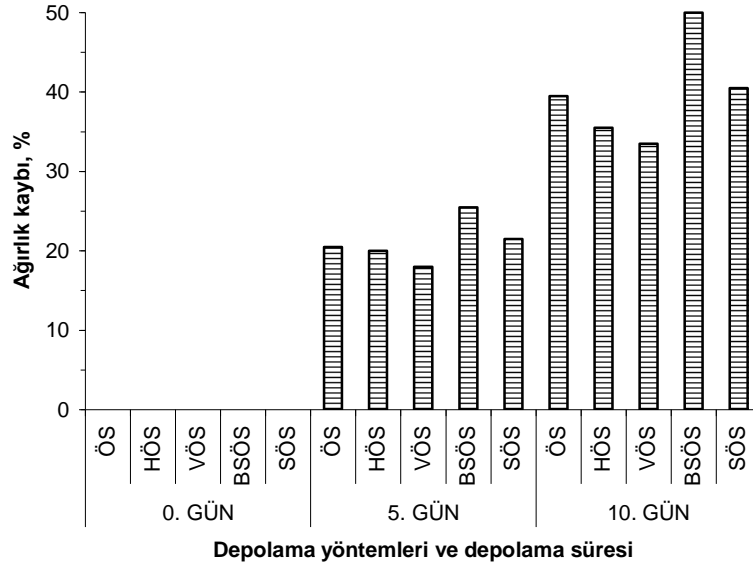
soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla %13 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi, %25 değeri ile hiç işlem görmemiş ürünler, %31 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi ve %45 değeri ile suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklalarda saptanan bozulma oranının suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş baklalarda gözlenen bozulma oranından sırasıyla %24 ve %80 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, hiç ön soğutma yapılmamış ürünlerde oda koşullarında 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 ve basınçlı suyla ön soğutularak oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilen bir ton üründe meydana gelen bozulma oranının ise sırasıyla 310 kg ve 450 kg olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkılarak suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak 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 ve 200 kg daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Çalışmada, baklaların ön soğutulmasında, daha fazla oranda bozulmaya neden olması bakımından, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılmasının tavsiye edilmediği sonucuna varılmıştır.

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış baklaların pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 10 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan ölçümler sonuçları ile birlikte Şekil 3.50'de verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.50'ye 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, %21.5 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi ve %25.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Oda koşullarında 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, 40.5 ve 50 değerleri ile havayla ön soğutma yöntemi, hiç ön soğutma yapılmamış baklalar, suyla ön soğutma yöntemi ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan pazar koşullarında satışa çıkarılmış baklarda 10. günün sonunda meydana gelen ağırlık kaybından daha fazla bozulmaya neden olmasından dolayı baklaların ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılması tavsiye edilmemektedir.



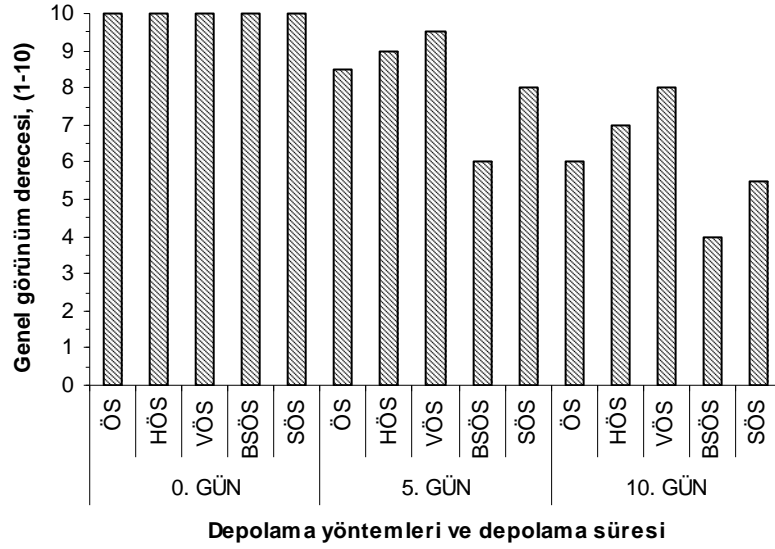
Şekil 3.49. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki bozulma oranları (%)



Şekil 3.50. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış baklaların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 10 gün süre ile bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan değerlendirmelerle dikkate alınarak Şekil 3.51’de verilmiştir. Tüm yöntemler için 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 derecelendirilirken, basınçlı suyla ön soğutulmuş baklalar “6” puanı ile “*satılabilir*” olarak sınıflandırılmışlardır. 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. Basınçlı suyla ön soğutma

yöntemi ile soğutarak 10 gün boyunca oda koşullarında bekletilen baklaların genel görünüm derecesi ise “4” puan ile “satılmaz” olarak derecelendirilmiştir.

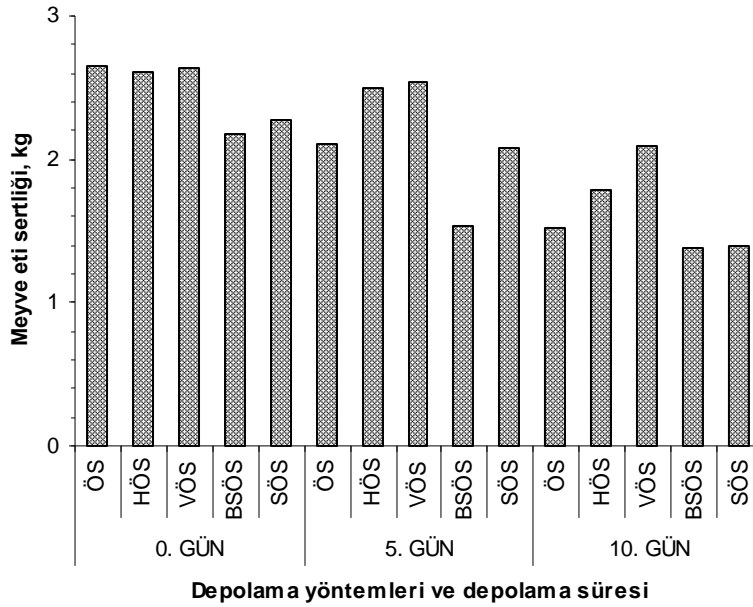


Şekil 3.51. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların pazar koşullarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 0., 5. ve 10. günlerde ölçülmüş meyve eti sertliği değerleri Şekil 3.52’de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş baklaların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.52’ye 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, 2.08 kg değeri ile değeri ile suyla ve 1.53 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklaların 5. gün sonundaki sertlik değerinin vakumla ön soğutulmuş oda koşullarında bekletilmiş baklaların sertlik değerine göre %20.7 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş 5 gün boyunca pazar koşullarında bekletilen baklaların sertlik derecesinin ise hiç ön

soğutma yapılmadan soğuk depolanmış baklaların sertlik derecesine göre sırasıyla %1.2 ve %37.5 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.

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, 1.40 kg değeri ile suyla ön soğutma ve 1.38 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış baklalarda 10. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan sertlik değerinden sırasıyla %8.8 ve %10.6 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yönteminin baklaların soğuk depolanması sürecinde sertliklerinin azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmada, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin baklanın ön soğutulmasında kullanılması uygun bulunmamıştır.



Şekil 3.52. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş bakla bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş baklalar ile hiç ön soğutma yapılmamış baklaların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında bekletilmeleri sonucu 0., 5. ve 10. günlerde renk ölçüm cihazıyla ölçülmüş renk değerleri Çizelge 3.24'de verilmiştir. 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 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, suyla, basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Hiç işlem yapılmadan oda koşullarında bekletilmiş baklaların renk değerlerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak 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. Ayrıca farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş baklaların oda koşullarında 0., 5. ve 10. günlerde ölçülmüş renk değerleri, bozulma oranı, ağırlık kaybı, sertlik değeri ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.24'de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

3.5.4. Baklanın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.25'de verilmiştir. Buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) 1913.352 kJ değeri ile en yüksek olduğu basınçlı suyla ön soğutma yöntemi sırasıyla 1773.998 kJ değeri ile suyla, 1563.782 kJ değeri ile havayla ve 1556.088 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarının ($Q_{2,3}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 2077.192 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 1926.785 kJ değeri ile suyla ön soğutma, 1696.918 kJ değeri ile havayla ön soğutma ve 1690.107 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 163.840 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 152.787 kJ değeri ile suyla, 134.019 kJ değeri ile vakumla ve 133.136 kJ değeri ile havayla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Çizelge 3.24. Bakla bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Renk Değerleri					Meyve Eti Sertliği (kg)	Ağırlık Kaybı (%)	Bozulma Oranı (%)	Genel Görünüm(1-10)
		L	a	b	C	α°				
		**	**	**	**	**	**	**	**	**
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) ^{fg}	-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) ⁱ	-5.21 ± (0.009) ⁱ	12.42 ± (0.020) ^j	13.47 ± (0.022) ^j	112.78 ± (0.01) ^{fg}	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) ^{hij}	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) ^{fg}	13.71 ± (0.179) ^{gh}	14.97 ± (0.229) ^{gh}	113.66 ± (0.29) ^f	2.090 ± (0.015) ^d	33.500 ± (1.260) ^d	7.000 ± (1.530) ^{bc}	8.000 ± (0.289) ^{cd}
BSÖS	0	35.43 ± (0.209) ^d	-7.82 ± (0.050) ^c	15.60 ± (0.128) ^{cd}	17.45 ± (0.100) ^d	116.64 ± (0.31) ^{bc}	2.173 ± (0.018) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	32.10 ± (0.194) ^h	-5.64 ± (0.055) ^b	13.34 ± (0.064) ^{ghi}	14.48 ± (0.080) ^h	112.92 ± (0.10) ^{fg}	1.533 ± (0.043) ^f	25.500 ± (2.750) ^c	18.000 ± (1.530) ^d	6.000 ± (0.577) ^{ef}
	10	28.43 ± (0.055) ^k	-4.58 ± (0.020) ^j	11.48 ± (0.046) ^k	12.36 ± (0.050) ^k	111.76 ± (0.01) ^g	1.377 ± (0.032) ^g	50.000 ± (2.520) ^f	45.000 ± (3.210) ^f	4.000 ± (0.577) ^g
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) ^j	-5.03 ± (0.078) ⁱ	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 istatistiki olarak önemlidir.

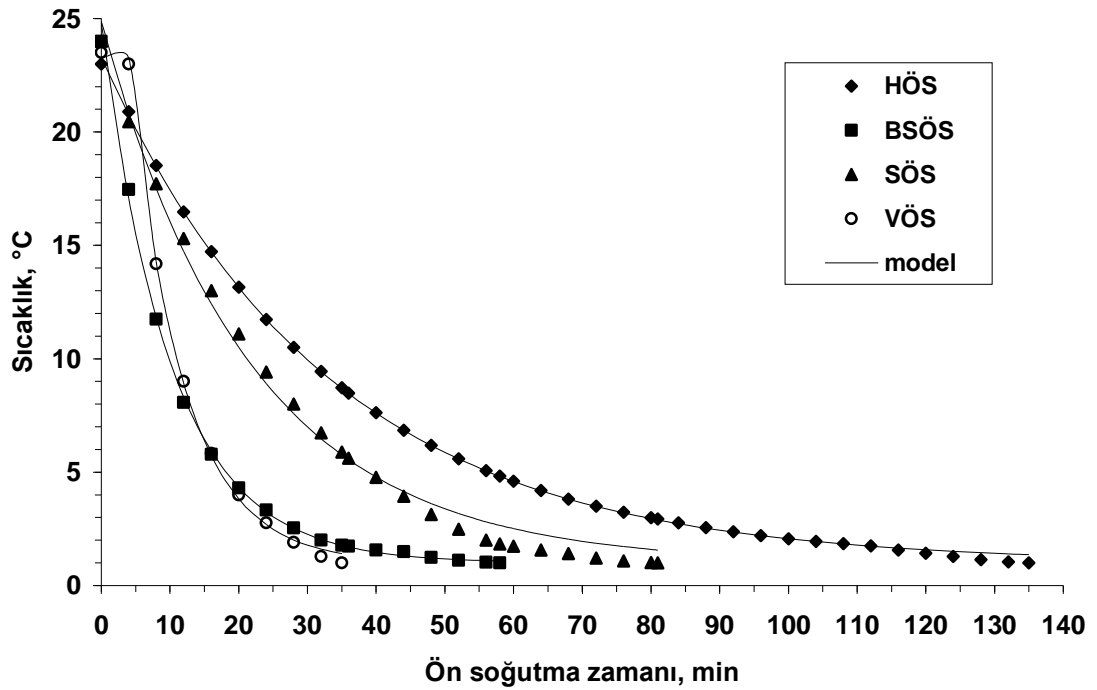
Çizelge 3.25. Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q_a (kj)	1340.579	688.118	1371.046	1401.514
Q_b (kj)	222.333	867.100	541.436	371.614
Q_c (kj)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q_d (kj)	0	0	0	0
Q_e (kj)	0	0	0	0
$Q_t=Q_{4,1}$ (kj)	1563.782	1556.088	1913.352	1773.998
H_1 (kj kg ⁻¹)	189.02600	189.026	189.02600	189.026
H_2 (kj kg ⁻¹)	200.19071	200.23719	200.21394	200.23719
H_3 (kj kg ⁻¹)	57.88800	58.854	58.371	58.854
H_4 (kj kg ⁻¹)	57.88800	58.854	58.371	58.854
S_1 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.69996
S_2 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.69996	0.699960	0.69996
S_3 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21792	0.22116	0.21954	0.22116
S_4 (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.221568	0.225116	0.2233315	0.225116
T_1 (K°)	274	274	274	274
T_2 (K°)	298.4574	298.6715	298.5123	298.6715
T_3 (K°)	296	297	296.5	297
T_4 (K°)	274	274	274	274
P_1 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P_2 (MPa)	0.61814	0.63502	0.62658	0.63502
P_3 (MPa)	0.61814	0.63502	0.62658	0.63502
P_4 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V_1 (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V_2 (m ³ kg ⁻¹)	0.0298101	0.0297429	0.0297765	0.0297429
V_3 (m ³ kg ⁻¹)	0.0007596	0.0007618	0.0007607	0.0007618
V_4 (m ³ kg ⁻¹)	0.0080423	0.008382	0.0082127	0.008382
X_4 (%)	13.71	14.35	14.028	14.35
M (kg h ⁻¹)	11.92471	11.95409	14.64431	13.62811
$Q_{4,1}$ (kj)	1563.782	1556.088	1913.352	1773.998
$Q_{2,3}$ (kj)	1696.918	1690.107	2077.192	1926.785
$W_{1,2}$ (kj)	133.136	134.019	163.840	152.787
C_{so}	11.746	11.611	11.678	11.611
C_{is}	12.746	12.611	12.678	12.611

3.6. Enginar Bitkisine Ait Araştırma Bulguları

3.6.1. Enginar bitkisine ait ön soğutma parametreleri

Enginarın havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmasında zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin diyagram Şekil 3.53'de verilmiştir. Havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulacak olan enginarların ilk sıcaklıklarının sırasıyla, 23°C, 23.5°C, 24°C ve 24°C olduğu saptanmıştır. Enginar kasalarının merkezine 2 adet, sağ sol, ön ve arka kenarlarına 1'er adet, üst ve altına 1'er adet ve dış ortama 2 adet olmak üzere toplam 10 adet sıcaklık ölçüm probu yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm problemleri aracılığıyla zamana bağlı sıcaklık azalmasına ilişkin değerler bir veri toplama cihazı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiş ve soğutma işlemlerine kasaların merkezine yerleştirilen her iki sıcaklık ölçüm probu da 1°C'yi gösterinceye kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise kasalara konulan 8 adet sıcaklık probundan alınan verilerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.53. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutulmasındaki zamana bağlı sıcaklık düşümü

Vakumla ön soğutma yönteminin 35 dakika ile en kısa, havayla ön soğutma yönteminin ise 135 dakika ile en uzun ön soğutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Buna göre vakumla ön soğutma yönteminin, havayla ön soğutma yöntemine göre 3.86 kat daha hızlı ön soğutma yapılabildiği belirlenmiştir. Şekil 3.53'e göre suyla ön soğutma işlemi 81 dakika, basınçlı suyla ön soğutma işlemi ise 58 dakikada gerçekleşmiştir. Su debisinin 2.5 L min^{-1} dan 7.1 L min^{-1} ya çıkarılması ile soğutma zamanında 1.40 katlık bir azalma elde edilmiştir. Basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerinde belirlenen soğutma süresinin vakumla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre sırasıyla 1.66 ve 2.31 kat arttığı saptanmış; havayla ön soğutma yönteminde belirlenen soğutma süresine göre ise 2.32 ve 1.67 kat azaldığı tespit edilmiştir.

Enginar bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiksel veriler Çizelge 3.26'da 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 " R^2 " en yüksek olduğu ön soğutma yönteminin 0.9996 değeri ile havayla; en düşük olduğu ön soğutma yönteminin ise 0.9930 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin " R^2 " değerlerinin ise sırasıyla 0.9991 ve 0.9984 olduğu saptanmıştır. Ayrıca Çizelge 3.26'da tahminin standart hatası ve soğutma katsayıları da verilmiştir. Buna göre vakumla, suyla, havayla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin soğutma katsayısının sırasıyla 0.129, 0.046, 0.030 ve 0.098 olduğu tespit edilmiştir.

Enginarın vakumla ön soğutulması sırasında ölçülen sıcaklık, basınç ve zaman arasındaki ilişkileri gösteren eğriler Ek-7'de verilmiştir. Vakumla soğutma sisteminde soğutma işlemi 35 dakika sürmüş, sistem parlama noktasına karşılık gelen 2.93 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.

Çizelge 3.26. Enginar bitkisinin farklı ön soğutma yöntemleri ile soğutulması sırasında elde edilen istatistiki veriler

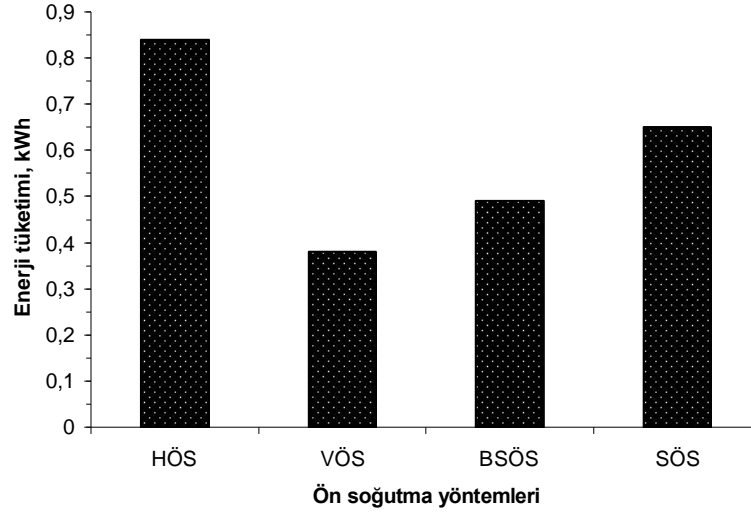
Ön Soğutma Yöntemi	Tahminin Standart Hatası (SEE)**	Regresyon modeli karar katsayısı R²**	Soğutma Katsayısı (CR)**
HÖS	0.120816	0.9996	0.0304295648
VÖS	0.191241	0.9991	0.1288981560
BSÖS	0.252928	0.9984	0.0982096478
SÖS	0.563272	0.9930	0.0460402651

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

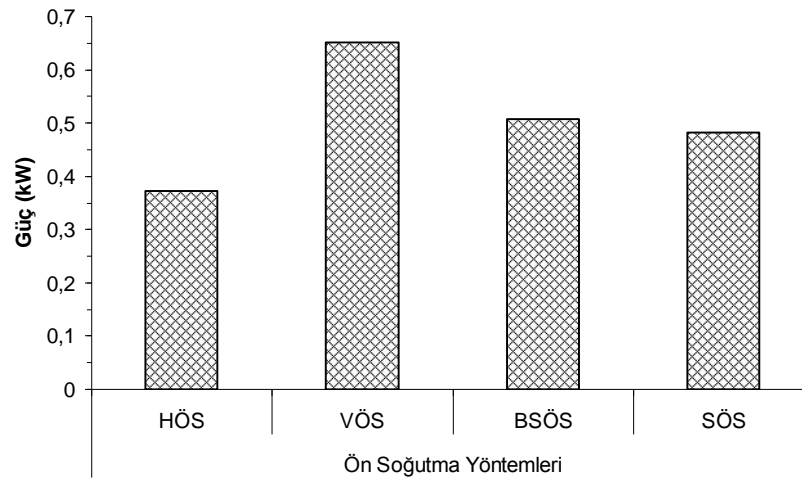
Enginar bitkisinin ön soğutulması sırasındaki enerji tüketimi değerleri Şekil 3.54’de verilmiştir. Enginarın ön soğutulmasındaki en yüksek enerji tüketimi 0.84 kWh değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 0.65 kWh, 0.49 kWh ve 0.38 kWh değerleri ile suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Tüm soğutma yöntemleri içinde enerji tüketimi açısından en pahalı yöntem olan havayla ön soğutma yönteminin enerji tüketim değerinin, enerji tüketimi açısından en ekonomik yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemine göre 2.21 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, su debisinin 2.5 L min⁻¹ olduğu suyla ön soğutma yönteminin enerji tüketimi değerinin, su debisinin 7.1 L min⁻¹ olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ölçülen enerji tüketimi değerine göre 1.33 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna göre basınçlı suyla ön soğutma yönteminin, suyla ön soğutma yöntemine göre enerji tüketimi açısından daha ekonomik bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Enginarın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri “kW” cinsinden Şekil 3.55’de verilmiştir. Şekil 3.55’e göre ön soğutma işlemleri içinde en fazla güç gereksinimi vakumla ön soğutma yönteminde 0.6514 kW değeri ile meydana gelmiş; bunu sırasıyla 0.5069 kW değeri ile basınçlı suyla ön soğutma, 0.4815 kW değeri ile suyla ön soğutma, 0.3733 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 1.75 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Ayrıca,

su debisinin 7.1 L min^{-1} olduğu basınçlı suyla ön soğutma yönteminin güç gereksinimi değerinin, su debisinin 2.5 L min^{-1} olduğu suyla ön soğutma yönteminde ölçülen güç gereksinimi değerine göre 1.05 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

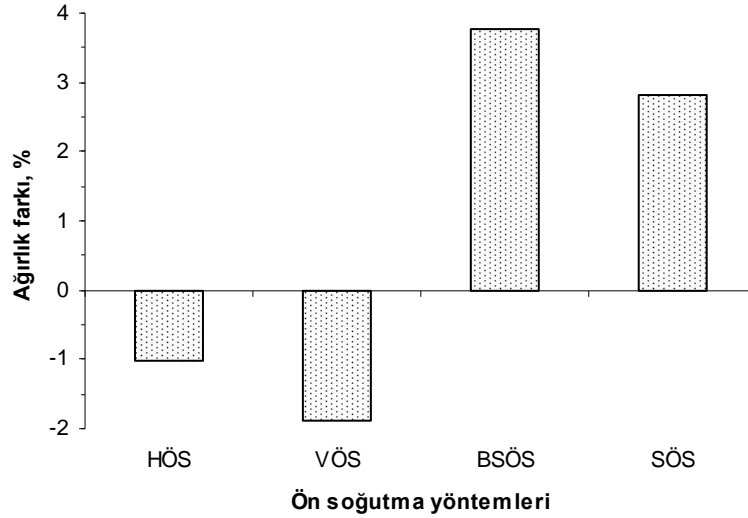


Şekil 3.54. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulmasındaki toplam enerji tüketimi (kWh)



Şekil 3.55. Enginarın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki güç gereksinimi değerleri (kW)

Ön soğutma işlemi için soğutucu ünitelere konulan enginar 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 enginar kasalarının tartım işlemleri yapılmıştır. Bu tartım işlemleri sonunda basınçlı suyla ve suyla ön soğutulmuş ürünlerde sırasıyla %3.78 ve %2.83 değerinde bir ağırlık artışı, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise sırasıyla %1.03 ve %1.88 değerinde bir ağırlık kaybı saptanmıştır. Ön soğutma yöntemlerinden sonra oluşan ağırlık farkı değerleri Şekil 3.56'da verilmiştir.



Şekil 3.56. Enginarın vakumla, havayla basınçlı suyla ve suyla soğutma ile soğutulması sonrasında oluşan ağırlık farkı (%); [-, ağırlık kaybı; +, ağırlık artışı]

Enginar bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulması sırasındaki soğutma zamanı, enerji tüketimi, güç gereksinimi ve ağırlık farkı değerleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.27'de verilmiştir. Çizelge 3.27'ye göre sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.27. Enginar bitkisinin ön soğutma parametreleri

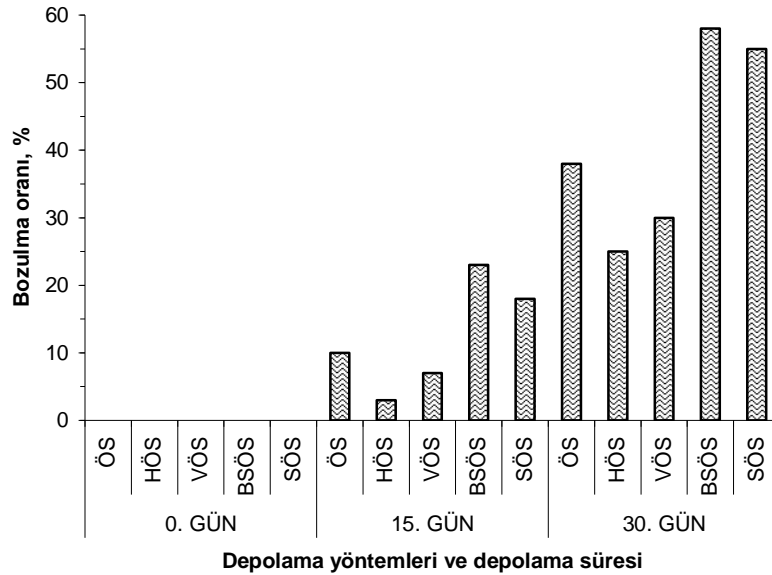
Ön Soğutma Yöntemi	Soğutma Zamanı (min) **	Enerji Tüketimi (kWh) **	Güç (kW) **	Ağırlık Farkı (%) **
HÖS	135 ± (5.030) ^d	0.84 ± (0.0252) ^c	0.3733 ± (0.00299) ^a	-1.03 ± (0.0321) ^c
VÖS	35 ± (1.530) ^a	0.38 ± (0.0208) ^a	0.6514 ± (0.00218) ^d	-1.88 ± (0.0451) ^d
BSÖS	58 ± (2.080) ^b	0.49 ± (0.0265) ^a	0.5069 ± (0.00316) ^c	3.78 ± (0.0265) ^a
SÖS	81 ± (2.520) ^c	0.65 ± (0.0265) ^b	0.4815 ± (0.00414) ^b	2.83 ± (0.0306) ^b

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.6.2. Enginar bitkisinin kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlar ile hiç ön soğutma yapılmamış enginarların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş bozulma oranı değerleri Şekil 3.57’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.57’ye göre 15. günde tüm soğutma yöntemleri içinde en az bozulma %3 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla %7 değeri ile vakumla ön soğutma, %10 değeri ile ön soğutma yapılmamış materyaller, %18 değeri ile suyla ön soğutma ve %23 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Kontrollü atmosfer odasında 15. gün sonunda belirlenen bozulma oranı değerlerine göre suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş enginarlarda belirlenen bozulma oranının, hiç ön soğutma yapılmamış enginarlarda tespit edilen bozulma oranından sırasıyla %80 ve %130 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada enginarın ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yapılmamasının gerekliliği saptanmıştır. Bozulma oranları bir ton ürün için hesaplanmıştır. Soğuk depolama işleminin 15. gününde havayla ön soğutulmuş enginarlarda ton başına 30 kg bozulma meydana gelmiş, hiç ön soğutma yapılmamış materyallerde ise ton başına 100 kg bozulma oluşmuştur. Çalışmada, bir tonluk enginarın havayla ön soğutulmuş 15 gün boyunca kontrollü atmosfer şartlarında soğuk depolanması ile hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer şartlarında soğuk muhafaza edilmesi arasında 90 kg’lık

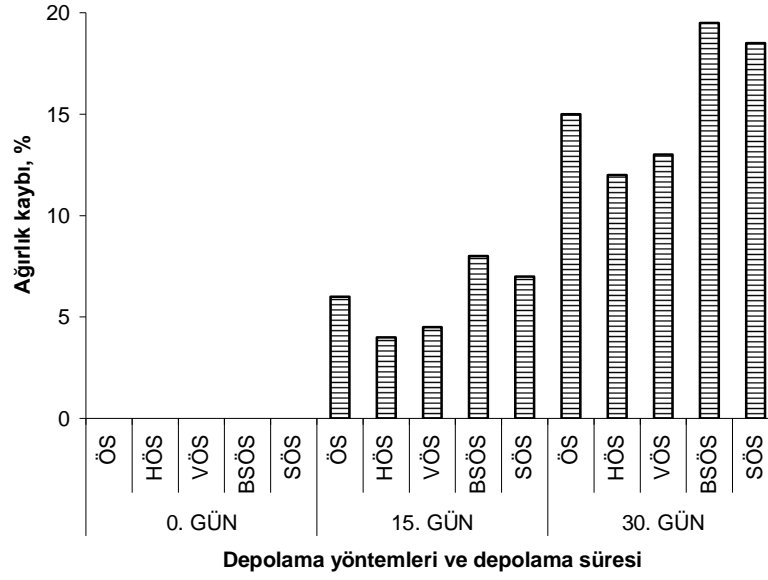
ürün kaybı önlendiği belirlenmiştir. Kontrollü atmosfer odasında 30. gün sonunda ölçülen bozulma oranı değerlerine bakıldığında ise en az bozulmanın %25 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde, en fazla bozulmanın ise %58 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış enginarların 30. günün sonunda %38 oranında, suyla ön soğutulmuş enginarların %55 oranında ve vakumla soğutulmuş enginarların ise %30 oranında bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Buna göre tüm ön soğutma yöntemleri içinde bozulma oranı açısından en uygun yöntemin havayla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla, vakumla ön soğutma, hiç ön soğutma yapılmadan muhafaza etme, suyla ön soğutma ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Havayla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranının basınçlı suyla ön soğutma yönteminde saptanan bozulma oranına göre %132 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan enginarlarda oluşan bozulma oranının, havayla ön soğutulduktan sonra soğuk muhafaza edilen enginarlarda oluşan bozulma oranına göre bir ton üründe 130 kg ürün kaybına neden olduğu saptanmıştır. Bozulma oranı sonuçlarına göre, enginarın suyla ve basınçlı suyla soğutulmuş olarak kontrollü atmosfer şartlarında 30 gün boyunca muhafaza edilmesinin yerine hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.57. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlar ile hiç ön soğutma yapılmamış enginarların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş ağırlık kaybı değerleri Şekil 3.58’de verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.58’e göre 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerleri içinde en az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %4 değeri ile havayla ön soğutma, en fazla ağırlık kaybına neden olan yöntemin ise %8 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Suyla ve vakumla ön soğutma yöntemlerinde 15. gün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değeri sırasıyla %7 ve %4.5 olarak belirlenmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış enginarlarda kontrollü atmosfer şartlarında 15 gün depolama sonucu meydana gelen bozulmanın ise %6 oranında olduğu saptanmıştır. Ön soğutma yapılmamış enginarların 15. gün sonundaki ağırlık kaybı değerinin en az ağırlık kaybının olduğu havayla ön soğutma yöntemlerinde oluşan ağırlık kaybı değerine göre %50 oranında daha fazla olduğu; en fazla ağırlık kaybının olduğu basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemlerine göre ise sırasıyla %33 ve %17 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.

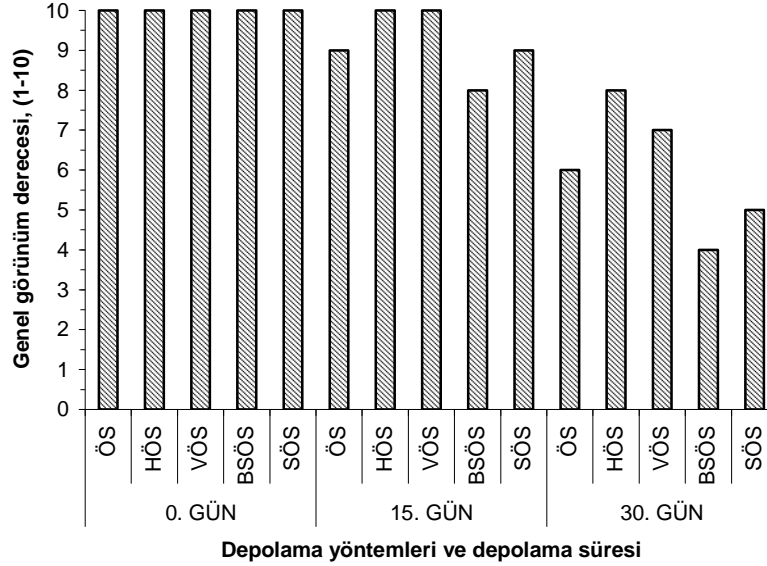
Kontrollü atmosfer odasında 30. günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri içinde en az kayba neden olan yöntemin %12 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Bu değeri %13 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminin, %15 değeri ile hiç ön soğutma işlemi görmemiş ürünlerin, %18.5 değeri ile suyla ön soğutma yönteminin ve %19.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer şartlarında soğuk muhafaza edilmiş enginarlarda 30. günde ölçülen ağırlık kaybı değerinin suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer şartlarında 30 gün boyunca muhafaza edilen enginarlara göre sırasıyla %23 ve %30 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, enginara soğuk depolama işleminden önce basınçlı suyla ve suyla ön soğutma işlemlerinin uygulanmasının, hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmasına göre daha fazla ağırlık kaybına neden olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.58. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisininin 0., 15. ve 30. gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlar ile hiç ön soğutma yapılmamış enginarların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde belirlenmiş genel görünüm dereceleri Şekil 3.59’da verilmiştir. 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: satılamaz, 2-1: kullanılamaz şeklinde yapılmıştır. Bu derecelendirmeye göre, 15. gün sonunda vakumla ve havayla ön soğutma yöntemleri ile soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen enginarların genel görünüm derecesi “10” puan ile, hiç ön soğutma yapılmadan ve suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında muhafaza edilen enginarların genel görünüm derecesi ise “9” puan ile “çok iyi” olarak derecelendirilirken; basınçlı suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 15 gün depolanmış enginarların genel görünüm derecesi ise “8” değeri ile “iyi” sınıfına dahil edilmiştir. Vakumla ve havayla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasına konulan enginarların 30. günün sonundaki genel görünüm derecesi sırasıyla “7” ve “8” puan ile “iyi”, ön soğutma yapılmadan ve suyla ön soğutularak kontrollü atmosfer odasında 30 gün muhafaza edilen enginarların genel görünüm derecesi ise sırasıyla “6” ve “5” puan ile “satılabilir” olarak derecelendirilmiştir. Basınçlı suyla ön soğutularak

kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca muhafaza edilen enginarların genel görünüm derecesi ise “4” puan ile “satılmaz” olarak belirlenmiştir.

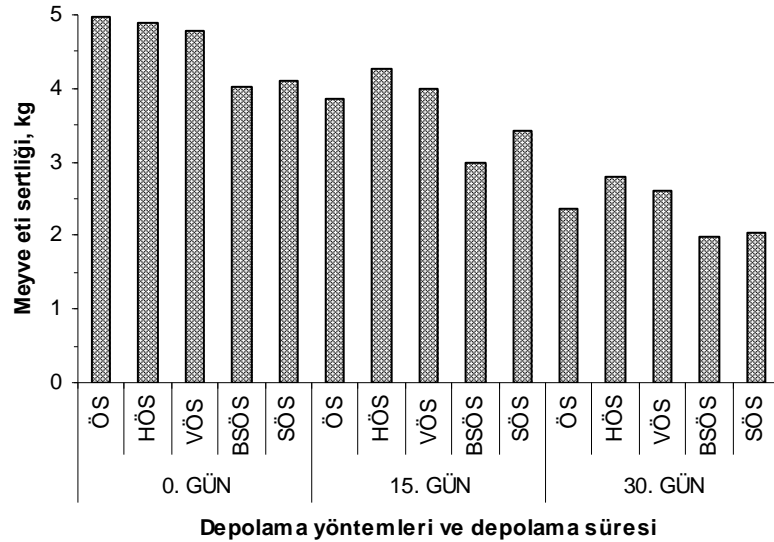


Şekil 3.59. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlar ile hiç ön soğutma yapılmamış enginarların kontrollü atmosfer odasında 0., 15. ve 30. günlerde ölçülmüş meyve eti sertliği değerleri Şekil 3.60’da verilmiştir. Hiç işlem görmemiş enginarların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.60’a göre 15. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 4.28 kg değeri ile havayla ön soğutmada bulunmuştur. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla 4.00 kg değeri ile vakumla, 3.85 kg değeri ile ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan ürünler, 3.41 kg değeri ile değeri ile suyla ve 2.98 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarların 15. günün sonundaki sertlik değerinin havayla ön soğutulmuş enginarların sertlik değerine göre %11 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş enginarların 15 gün boyunca kontrollü atmosfer odasında soğuk muhafaza edilmiş enginarların sertlik derecesinin ise hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan enginarların sertlik

derecesine göre sırasıyla %12.9 ve %29.2 oranında daha az olduğu saptanmıştır. Kontrollü atmosfer odasında 30. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 2.79 kg değeri ile havayla ön soğutma yönteminde bulunmuştur. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla 2.60 kg değeri ile vakumla ön soğutma, 2.36 kg değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller, 2.03 kg değeri ile suyla ön soğutma ve 1.99 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarlarda 30. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan sertlik değerinden sırasıyla %16.1 ve %18.8 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemi enginarların soğuk depolanması sürecinde sertliklerinin azalmasına neden olmuştur. Çalışmada, enginarın ön soğutulmasında, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılmaması gerekliliği saptanmıştır.

Enginar bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş ve hiç ön soğutma yapılmadan kontrollü atmosfer odasında 30 gün boyunca bekletilmesi sırasındaki bozulma oranı, ağırlık kaybı, meyve eti sertliği ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.28’de verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 3.60. Kontrollü atmosfer odasında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 15. ve 30.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg)

Çizelge 3.28. Enginar bitkisinin kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Meyve Eti Sertliği (kg)**	Ağırlık Kaybı (%)**	Bozulma Oranı (%)**	Genel Görünüm (1-10)**
ÖS	0	4.960 ± (0.012) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	3.853 ± (0.015) ^f	6.000 ± (1.530) ^b	10.000 ± (2.520) ^{bc}	9.000 ± (0.289) ^{ab}
	30	2.360 ± (0.021) ^k	15.000 ± (1.730) ^{de}	38.000 ± (1.530) ^f	6.000 ± (0.577) ^{de}
HÖS	0	4.900 ± (0.012) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	4.277 ± (0.015) ^c	4.000 ± (0.577) ^{ab}	3.000 ± (1.000) ^{ab}	10.000 ± (0.000) ^a
	30	2.790 ± (0.021) ⁱ	12.000 ± (1.530) ^{cd}	25.000 ± (3.610) ^{de}	8.000 ± (0.577) ^{bc}
VÖS	0	4.790 ± (0.035) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	4.000 ± (0.027) ^e	4.500 ± (1.040) ^b	7.000 ± (1.530) ^{ab}	10.000 ± (0.000) ^a
	30	2.600 ± (0.036) ^j	13.000 ± (1.730) ^d	30.000 ± (3.210) ^{ef}	7.000 ± (0.289) ^{cd}
BSÖS	0	4.013 ± (0.035) ^e	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	2.983 ± (0.018) ^h	8.000 ± (1.530) ^{bc}	23.000 ± (1.530) ^{de}	8.000 ± (0.577) ^{bc}
	30	1.987 ± (0.018) ^l	19.500 ± (0.764) ^f	58.000 ± (4.160) ^g	4.000 ± (0.577) ^f
SÖS	0	4.097 ± (0.009) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	15	3.413 ± (0.020) ^g	7.000 ± (1.530) ^b	18.000 ± (1.530) ^{cd}	9.000 ± (0.289) ^{ab}
	30	2.033 ± (0.012) ^l	18.500 ± (1.260) ^{ef}	55.000 ± (2.890) ^g	5.000 ± (0.000) ^{ef}

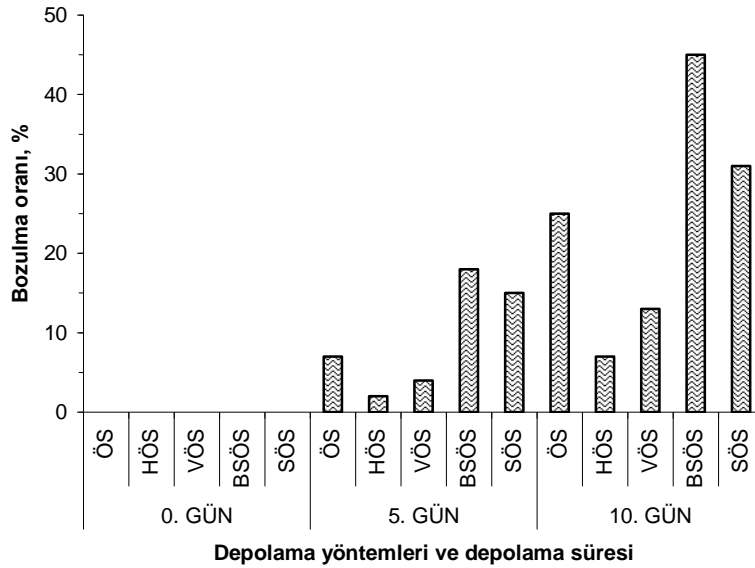
** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.6.3. Enginar bitkisinin oda koşullarında muhafaza edilmesi sırasında belirlenen bazı kalite parametreleri

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş enginarlar ile hiç soğutma işlemi yapılmamış enginarların pazar koşullarında dayanımlarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında bekletilmesi sonucu 0., 5. ve 10. günlerde ölçülen bozulma oranı değerleri Şekil 3.61’de verilmiştir. Tüm yöntemler için bozulma oranı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.61’e göre oda koşullarında 5. günün sonunda en az bozulmanın gözlemlendiği yöntemin %2 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi, en fazla bozulmanın olduğu yöntemin ise %18 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Suyla ve vakumla ön soğutma yöntemlerinde 5.

günün sonunda oluşan bozulma oranının ise sırasıyla %15 ve %4 olduğu saptanmıştır. Oda koşullarında 5. günün sonunda yapılan bozulma oranı takiplerine hiç ön soğutma yapılmamış materyallerde %7 oranında bozulma meydana gelmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybı değerlerinden yola çıkılarak birim ton ürün başına bozulan ürün miktarı hesaplanmıştır. Buna göre, ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış bir ton enginarlarda 5. günün sonunda 70 kg ürünün bozularak atıldığı anlaşılmıştır. Havayla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan bir ton enginarlarda 5. günün sonundaki bozulan ürün miktarı 20 kg olarak hesaplanmıştır. Suyu ve basınçlı suyu ön soğutularak oda koşullarında 5 gün süre ile bekletilen bir ton enginarlarda meydana gelen bozulma oranının ise sırasıyla 150 ve 180 kg olduğu saptanmıştır. Buradan enginarlara pazara çıkarılmadan önce havayla ön soğutma yapılması ile işlem görmeden pazara çıkarılan ürünler arasında pazar koşullarında 5. günde bir ton üründe 50 kg ürün kazancı sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca suyu ve basınçlı suyu ön soğutularak pazara çıkarılan enginarlardaki bozulma oranının hasattan hemen sonra hiç ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılan enginarlarda gözlemlenen bozulma oranından bir tonluk üründe sırasıyla 80 ve 110 kg daha fazla olduğu belirlenmiştir. Havayla, vakumla suyu ve basınçlı suyu ön soğutma yapılmış enginarlar ile ön soğutma yapılmamış enginarların oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilmeleri sonucu saptanan bozulma oranı değerlerine göre en az bozulma %7 değeri ile havayla ön soğutma yönteminde meydana gelmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla %13 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, %25 değeri ile hiç işlem görmemiş ürünler, %31 değeri ile suyu ön soğutma yöntemi ve %45 değeri ile suyu ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış ürünlerde saptanan bozulma oranının suyu ve basınçlı suyu ön soğutulmuş enginarlarda gözlenen bozulma oranından sırasıyla %24 ve %80 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış ürünlerde oda koşullarında 10. günde saptanan bozulma oranının havayla ön soğutulmuş enginarlarda 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. Ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış ürünlerde 10. günün sonunda 250 kg ürünün bozularak atıldığı saptanmıştır. Ancak havayla ön soğutulduktan sonra pazara çıkarılan enginarlarda 10. günün sonundaki bozulan ürün miktarı 70 kg olarak hesaplanmıştır. Buradan, enginarlara pazara çıkarılmadan önce

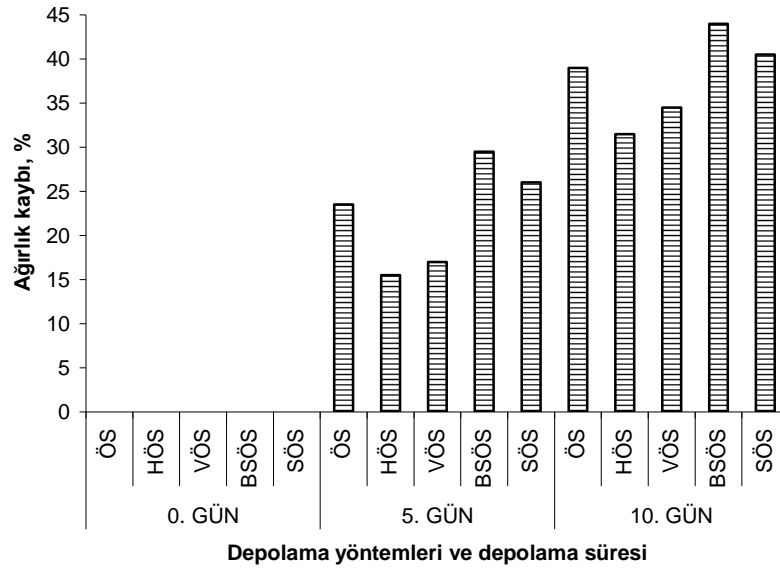
havayla ön soğutma yapılması ile işlem görmeden pazara çıkarılması arasında pazar koşullarında 10. günde bir ton üründe 180 kg ürün kazancı sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilen bir ton üründe meydana gelen bozulma oranının ise sırasıyla 310 kg ve 450 kg olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkılarak suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak 10 gün pazar koşullarında satışa çıkarılmış bir ton enginarlarda meydana gelen bozulmanın, hiç ön soğutma yapılmadan pazara çıkarılmış enginarlarda saptanan bozulma oranından sırasıyla 60 kg ve 200 kg daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Enginarların ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılması, daha fazla bozulmaya neden olmuştur.



Şekil 3.61. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki bozulma oranları (%)

Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış enginarların pazar koşullarındaki dayanımlarının belirlenmesi açısından oda koşullarında 10 gün süre ile bekletilmeleri sonucu ölçülen ağırlık kaybı değerleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan ölçüm sonuçları ile birlikte Şekil 3.62’de verilmiştir. Tüm yöntemler için ağırlık kaybı 0. günde %0 olarak kabul edilmiş ve bu değer kontrol değeri olarak alınmıştır. Şekil 3.62’ye göre 5. gün sonunda tüm yöntemler

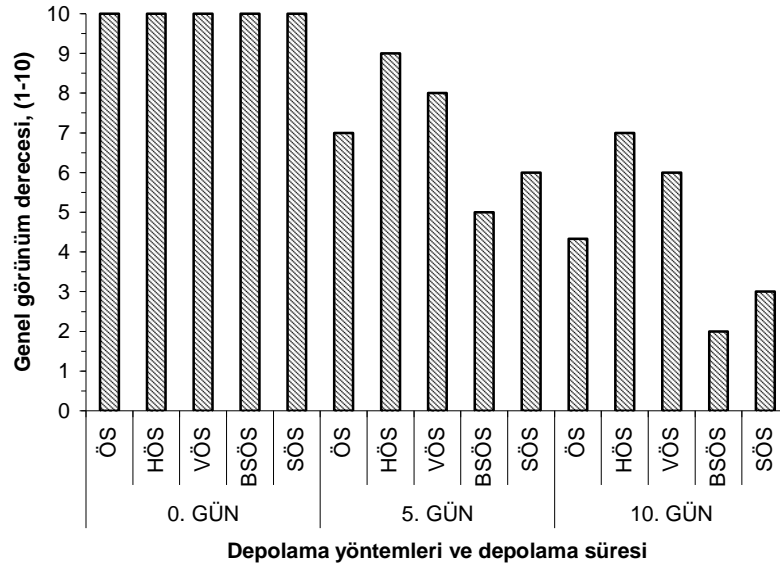
içinde en az ağırlık kaybı havayla ön soğutma yönteminde %15.5 değeri ile elde edilmiştir. Bu değeri sırasıyla %17 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi, %23.5 değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller, %26 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi ve %29.5 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Oda koşullarında 10. günün sonunda ölçülen ağırlık kaybı değerleri de 5. gün değerlerine benzer şekilde bulunmuştur. En az ağırlık kaybına neden olan yöntemin %31.5 değeri ile havayla ön soğutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Bunu sırasıyla %34.5, 39, 40.5 ve 44 değerleri ile vakumla ön soğutma yöntemi, hiç ön soğutma yapılmamış enginarlar, suyla ön soğutma yöntemi ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Çalışmada, hiç ön soğutma yapılmadan pazar koşullarında satışa çıkarılmış enginarlarda 10. günün sonunda meydana gelen ağırlık kaybından daha fazla bozulmaya neden olması bakımından enginarın ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılması tavsiye edilmemektedir.



Şekil 3.62. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki ağırlık kaybı (%)

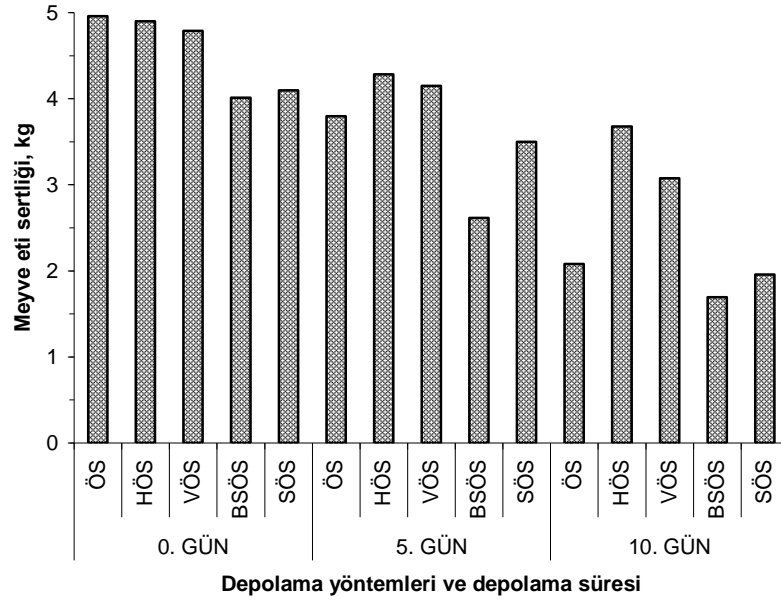
Havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş ve ön soğutma yapılmamış enginarların pazar koşullarındaki dayanma sürelerinin belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 10 gün süre ile

bekletilmesi sonucu belirlenen genel görünüm dereceleri 0., 5. ve 10. günlerde yapılan değerlendirmelerle dikkate alınarak Şekil 3.63’de verilmiştir. Tüm yöntemler için 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 değerlendirmeye göre, 5. günün sonunda havayla ön soğutulmuş enginarlar “9” puan ile “*çok iyi*”; vakumla ön soğutma yöntemi ile soğutulmuş oda koşullarında 5 gün boyunca bekletilen enginarlar ve hiç ön soğutma yapılmadan oda koşullarında 5 gün bekletilen enginarlar sırasıyla “8” ve “7” puan ile “*iyi*”; suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş enginarlar ise sırasıyla “6” ve “5” puan ile “*satılabilir*”; olarak derecelendirilmiştir. Benzer şekilde 10. günün sonunda havayla ön soğutma yöntemi ile ön soğutulmuş enginarlar “7” puan ile genel görünüm açısından “*iyi*” olarak nitelendirilmiş; vakumla ön soğutulmuş oda koşullarında 10 gün bekletilen enginarlar “6” puan ile “*satılabilir*” olarak değerlendirilmiştir. Hiç ön soğutma yapılmamış enginarlar ile suyla ön soğutulmuş enginarların 10 gün sonundaki genel görünüm derecesi sırasıyla “4” ve “3” puan ile “*satılamaz*” olarak değerlendirilmiştir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemi ile soğutularak 10 gün boyunca oda koşullarında bekletilen enginarların genel görünüm derecesi ise “2” puan ile “*kullanılamaz*” olarak derecelendirilmiştir.



Şekil 3.63. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 5. ve 10. gün sonundaki genel görünüm derecesi (1-10)

Havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutulmuş enginarlar ile hiç ön soğutma yapılmamış enginarların pazar koşullarının belirlenmesi açısından nemi ve sıcaklığı sabit olan oda koşullarında 0., 5. ve 10. günlerde ölçülmüş meyve eti sertliği değerleri Şekil 3.64'de verilmiştir. Hiç işlem görmemiş enginarların 0. günde okunan meyve eti sertlik değerleri taze ürünün sertlik değerini vermiş ve bu değer kontrol değeri olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.64'e göre 5. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değerinin 4.28 kg değeri ile havayla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığı saptanmıştır. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla 4.15 kg değeri ile vakumla, 3.80 kg değeri ile ön soğutma yapılmadan soğuk depolanan ürünler, 3.50 kg değeri ile değeri ile suyla ve 2.62 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarların 5. gün sonundaki sertlik değerinin havayla ön soğutulmuş oda koşullarında bekletilmiş enginarların sertlik değerine göre %12.8 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş 5 gün boyunca pazar koşullarında bekletilen enginarların sertlik derecesinin ise hiç ön soğutma yapılmadan soğuk depolanmış enginarların sertlik derecesine göre sırasıyla %8.5 ve %45.1 oranında daha az olduğu saptanmıştır. Oda koşullarında 10. gün sonundaki meyve eti sertlikleri içinde taze ürüne en yakın sertlik değeri 3.67 kg değeri ile havayla ön soğutmada bulunmuştur. Havayla ön soğutma yöntemini sırasıyla 3.08 kg değeri ile vakumla ön soğutma, 2.08 kg değeri ile hiç ön soğutma yapılmamış materyaller, 1.96 kg değeri ile suyla ön soğutma ve 1.69 kg değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Ön soğutma yapılmamış enginarlarda 10. gün sonunda ölçülen sertlik değerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinde saptanan sertlik değerinden sırasıyla %6.3 ve %22.9 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemi enginarların soğuk depolanması sürecinde sertliklerinin azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle çalışmada, enginarın ön soğutulmasında suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.64. Oda koşullarında depolanan farklı ön soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş enginar bitkisinin 0., 5. ve 10.gün sonundaki meyve eti sertlikleri (kg)

Enginar bitkisinin havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutularak ve hiç ön soğutma yapılmadan oda koşullarında 10 gün boyunca bekletilmesi sırasındaki bozulma oranı, ağırlık kaybı, meyve eti sertliği ve genel görünüm derecesi istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 3.29'da verilmiştir. Sütunlar arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.29. Enginar bitkisinin oda koşullarında ölçülen kalite parametreleri

Soğutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Meyve Eti Sertliği (kg)**	Ağırlık Kaybı (%)**	Bozulma Oranı (%)**	Genel Görünüm (1-10)**
ÖS	0	4.960 ± (0.012) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	3.797 ± (0.015) ^f	23.500 ± (0.764) ^{cd}	7.000 ± (1.530) ^{bc}	7.000 ± (0.577) ^{cd}
	10	2.080 ± (0.012) ^k	39.000 ± (2.520) ^{gh}	25.000 ± (2.890) ^e	4.333 ± (0.441) ^{fg}
HÖS	0	4.900 ± (0.012) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	4.283 ± (0.015) ^c	15.500 ± (2.470) ^b	2.000 ± (1.000) ^{ab}	9.000 ± (0.000) ^{ab}
	10	3.677 ± (0.015) ^e	31.500 ± (1.760) ^{ef}	7.000 ± (1.530) ^{bc}	7.000 ± (0.577) ^{cd}
VÖS	0	4.790 ± (0.035) ^b	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	4.150 ± (0.017) ^d	17.000 ± (2.000) ^{bc}	4.000 ± (1.000) ^{ab}	8.000 ± (0.577) ^{bc}
	10	3.077 ± (0.015) ⁱ	34.500 ± (2.470) ^{fg}	13.000 ± (2.520) ^{cd}	6.000 ± (0.289) ^{de}
BSÖS	0	4.013 ± (0.035) ^e	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	2.617 ± (0.038) ^j	29.500 ± (2.290) ^{def}	18.000 ± (1.530) ^d	5.000 ± (0.577) ^{ef}
	10	1.693 ± (0.015) ^m	44.000 ± (2.080) ^h	45.000 ± (3.210) ^f	2.000 ± (0.577) ^h
SÖS	0	4.097 ± (0.009) ^d	0.000 ± (0.000) ^a	0.000 ± (0.000) ^a	10.000 ± (0.000) ^a
	5	3.500 ± (0.012) ^h	26.000 ± (1.000) ^{de}	15.000 ± (1.000) ^d	6.000 ± (0.289) ^{de}
	10	1.957 ± (0.009) ^l	40.500 ± (2.750) ^{gh}	31.000 ± (3.060) ^e	3.000 ± (0.577) ^{gh}

** P<0.01 olasılık düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

3.6.4. Enginarın soğutulması sırasındaki termodinamik hesaplamalar

Baklanın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması sırasındaki termodinamik özellikler Çizelge 3.30'da verilmiştir. Buharlaştırıcının soğuk ortamdan kaldırması gereken ısı miktarının ($Q_{4,1}$) 1850.884 kJ değeri ile en yüksek olduğu basınçlı suyla ön soğutma yöntemi sırasıyla 1723.532 kJ değeri ile suyla, 1525.760 kJ değeri ile havayla ve 1401.100 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemleri izlemiştir. Yoğuşturucunun sıcak ortama vermesi gereken ısı miktarının ($Q_{2,3}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 2010.293 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Basınçlı suyla ön soğutma yöntemini ise sırasıyla 1871.973 kJ değeri ile suyla ön soğutma, 1655.659 kJ değeri ile havayla ön soğutma ve 1521.076 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi takip etmiştir. Kompresörün adyabatik sıkıştırma sırasında yaptığı işin ($W_{1,2}$) en yüksek olduğu ön soğutma yöntemi ise 159.409 kJ değeri ile basınçlı suyla ön soğutma yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla 148.441 kJ değeri ile suyla, 129.899 kJ değeri ile havayla ve 119.976 kJ değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi izlemiştir.

Çizelge 3.30. Enginarın havayla, vakumla, basınçlı suyla ve suyla ön soğutulması
sirasındaki termodinamik özellikler

Termodinamik Özellikler	HOS	VOS	BSOS	SOS
Q_a (kJ)	1340.579	673.159	1401.514	1401.514
Q_b (kJ)	184.311	727.071	448.500	321.148
Q_c (kJ)	0.87	0.87	0.87	0.87
Q_d (kJ)	0	0	0	0
Q_e (kJ)	0	0	0	0
$Q_t=Q_{4,1}$ (kJ)	1525.760	1401.100	1850.884	1723.532
H_1 (kJ kg ⁻¹)	189.02600	189.02600	189.026	189.026
H_2 (kJ kg ⁻¹)	200.19071	200.21394	200.23719	200.23719
H_3 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.371	58.854	58.854
H_4 (kJ kg ⁻¹)	57.88800	58.371	58.854	58.854
S_1 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.69996	0.69996
S_2 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.699960	0.699960	0.69996	0.69996
S_3 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.21792	0.21954	0.22116	0.22116
S_4 (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	0.221568	0.2233315	0.225116	0.225116
T_1 (K°)	274	274	274	274
T_2 (K°)	298.4574	298.5123	298.6715	298.6715
T_3 (K°)	296	296.5	297	297
T_4 (K°)	274	274	274	274
P_1 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
P_2 (MPa)	0.61814	0.62658	0.63502	0.63502
P_3 (MPa)	0.61814	0.62658	0.63502	0.63502
P_4 (MPa)	0.31940	0.31940	0.31940	0.31940
V_1 (m ³ kg ⁻¹)	0.054142	0.054142	0.054142	0.054142
V_2 (m ³ kg ⁻¹)	0.0298101	0.0297765	0.0297429	0.0297429
V_3 (m ³ kg ⁻¹)	0.0007596	0.0007607	0.0007618	0.0007618
V_4 (m ³ kg ⁻¹)	0.0080423	0.0082127	0.008382	0.008382
X_4 (%)	13.71	14.028	14.35	14.35
M (kg h ⁻¹)	11.63477	10.72366	14.21876	13.24042
$Q_{4,1}$ (kJ)	1525.760	1401.100	1850.884	1723.532
$Q_{2,3}$ (kJ)	1655.659	1521.076	2010.293	1871.973
$W_{1,2}$ (kJ)	129.899	119.976	159.409	148.441
C_{so}	11.746	11.678	11.611	11.611
C_{is}	12.746	12.678	12.611	12.611

4. TARTIŞMA

İlk sıcaklıkları $23.5 \pm (0.5)^{\circ}\text{C}$ olan ve $5000 \pm (5)$ g ağırlığında tartılıp kasalara konularak havayla, vakumla, suyla ve basınçlı suyla soğutulan tarımsal ürünlerin ön soğutulması işlemleri ürünlerin konulduğu kasaların merkezine konulan sıcaklık ölçüm problemleri tarımsal ürünlerin ön soğutulmasında en uygun sıcaklık olan 1°C 'yi (Gormley ve MacCanna 1967, Chen 1988, Everington 1993, Artes ve Martinez 1995, 1996, Nunes ve ark. 1995, Sun 1999a, 1999b, 2000, Zhang ve Sun 2006a, 2006b) gösterinceye kadar sürdürülmüştür. Çalışmada soğutulmak üzere karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve enginar kullanılmıştır. Ispanak haricindeki diğer tarımsal ürünler ülkemize özgü ürünlerden seçilmiş ve literatür çalışmalarında bu ürünlerin ön soğutulması yapılmamıştır. Ispanak ise literatür çalışmaları ile yapılan çalışmanın doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla deneme materyali olarak kullanılmıştır. Tüm ürünlerin ön soğutulmasında, soğutma zamanı açısından en kısa yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, basınçlı suyla, suyla ve havayla ön soğutma yöntemleri takip etmiştir. Çalışmada kullanılan tarımsal ürünlerin ön soğutma zamanları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tarımsal ürünlerin ön soğutma zamanları (min)

	HOS	VOS	BSOS	SOS
Karalahana	188	32	55	82
Pazı	152	21	40	66
Ispanak	164	28	51	83
Semizotu	156	29	48	64
Bakla	117	30	47	70
Enginar	135	35	58	81

Çalışmada soğutma zamanı açısından belirlenen sonuçlar literatür çalışmalarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen bulguların literatür çalışmalarıyla paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Everington (1993) marulu 25°C sıcaklıktan 1°C sıcaklığa ininceye kadar vakumla soğutmuş, vakumla soğutma süresini 30 dakika olarak belirlemiştir. Frost ve ark. (1989) mantarı havayla ve vakumla ön soğutmuşlar, vakumla ön soğutma

süresinin havayla ön soğutmaya oranla daha kısa olduğunu saptamışlardır. Jackman ve ark. (2007) ilk sıcaklıkları 74°C olan 3 kg ağırlığındaki preslenmiş et parçalarını vakumla, havayla ve bu iki yöntemin birleştirilmesinden oluşan vakum-hava kombinasyonu ile materyallerin sıcaklığı 4°C oluncaya dek ön soğutmuşlardır. Soğutma süresi açısından en kısa yöntemin 29 dakika ile vakumla ön soğutma, en uzun yöntemin ise 247 dakika ile havayla ön soğutma yöntemi olduğunu belirtmişlerdir. McDonald ve ark. (2001) 1.5-2 kg ağırlığındaki et parçalarını vakumla ve suyla ön soğutmuşlar, vakumla soğutulmuş materyallerin soğutma süresini 1 saat, suyla soğutulmuş materyallerin soğutma süresini ise 5 saat olarak belirlemişlerdir. McDonald ve ark. (2000) 3.75 kg ağırlığındaki pişmiş eti vakumla, suyla, basınçlı ve durağan havayla ön soğutmuşlar, 2.1 saat ile vakumla ön soğutma yönteminin en hızlı ön soğutma yöntemi olduğunu bildirmişlerdir. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 5.35 saat değeri ile basınçlı havayla, 6.7 saat değeri ile suyla, 8.1 saat değeri ile durağan havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği belirtilmiştir. Jackman ve ark. (2005) 3 kg ağırlığındaki eti vakumla ve havayla ön soğutmuşlar, en hızlı soğutma tekniğininin 2.5 saat ile vakumla ön soğutma, en uzun soğutma tekniğininin ise 12.5 saat ile havayla ön soğutma yöntemi olduğunu saptamışlardır. Sun ve Wang (2000) 6.5-6.9 kg ağırlığındaki et parçalarını vakumla, suyla, basınçlı ve durağan havayla ön soğutmuşlar, soğutma zamanı açısından en hızlı yönteminin 2 saat ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla 9.4 saat ile basınçlı havayla, 14.25 saat ile suyla ve 14.25 saat ile durağan havayla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiğini vurgulamışlardır. Desmond ve ark. (2002) 5-6 kg ağırlığındaki et parçalarını vakumla ve havayla ön soğutmuşlar; en hızlı ön soğutma tekniğininin 2.5 saat ile vakumla, en uzun soğutma tekniğininin ise 12.5 saat ile havayla ön soğutma yöntemi olduğunu saptamışlardır. Cheng (2006) bambu filizini vakumla, havayla ve bu iki yöntemin birleştirilmesinden oluşan vakum-hava kombinasyonu ile ön soğutmuş; soğutma süresi açısından en kısa yöntemi vakumla, en uzun yöntemi ise havayla ön soğutma yöntemi olarak belirlemiştir. Zhang ve Sun (2006a) 80°C sıcaklıktaki pirinci sıcaklıkları 4, 1, 2.5 ve -7.5°C ulaşmaya dek sırasıyla vakumla, basınçlı havayla, soğuk depoda ve evaporatörü rolbont tipli bir soğutma tankında soğutmuşlar; en hızlı ön soğutma tekniğini 3.85 dakika ile vakumla soğutma olarak belirlemişlerdir. Vakumla soğutma yöntemini sırasıyla 62.50 dakika ile havayla, 180.55

dakika ile soğuk depoda ve 89.60 dakika ile soğutma tankında soğutma yöntemlerinin takip ettiğini bildirmişlerdir. Zhang ve Sun (2006b) brokoli ve havuç dilimlerini vakumla, basınçlı havayla, soğuk depoda ve evaporatörü rolbont tipli bir soğutma tankında ön soğutmuşlardır. Brokolide vakumla ön soğutma yönteminin 12.05 dakika ile en hızlı soğutma yöntemi olduğunu, bunu sırasıyla 43.61 dakika ile havayla, 212.35 dakika ile soğuk depoda ve 243.62 dakika ile soğutma tankında soğutma yöntemlerinin takip ettiğini belirlemişlerdir. Havuçta da benzer şekilde en hızlı ön soğutma yönteminin 7.75 dakika ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu belirlemişler, bunu sırasıyla 44.14 dakika ile havayla, 192.83 dakika ile soğuk depoda ve 215.46 dakika ile soğutma tankında soğutma yöntemlerinin izlediğini bildirilmişlerdir.

Soğutulan tarımsal ürünler, tara ağırlığı çıkarıldıktan sonra ağırlıkları 5000 ± 5 g olacak şekilde tartılıp soğutma ünitelerine alınmıştır. Soğutma işlemleri sonunda soğutulan ürünler tartılarak soğutma sırasında oluşan ağırlık farkı değerleri saptanmıştır. Vakumla ve havayla ön soğutulan materyallerde soğutma işlemleri sırasında ağırlık kaybı oluştuğu; suyla ve basınçlı suyla ön soğutulan materyallerde ise soğutma işlemlerinden sonra ağırlık kazanımı oluştuğu tespit edilmiştir. Suyla ve basınçlı ön soğutma işlemleri sırasında soğutma suyu materyalin yaprak yüzeyine tutunmuştur. Ayrıca ürünlerin soğutma periyodu boyunca suyla temas etmeleri ile materyallerin nem değerlerinde bir artış meydana geldiği saptanmıştır. Vakumla ve havayla ön soğutma işlemlerinden sonra materyalde meydana gelen ağırlık kaybının ise, materyalin soğutma sırasında solunum faaliyetlerini sürdürmesinden, buna bağlı olarak da materyalin yapısında belli bir oranda kuruma (nem kaybı) meydana gelmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Çeşitli yöntemlerle ön soğutulmuş tarımsal ürünlerde soğutma işlemleri sırasında belirlenen ağırlık farkı değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çalışmada soğutma sırasında ürünlerde meydana gelen ağırlık farkları literatür çalışmalarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen bulguların literatür çalışmalarıyla paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Frost ve ark. (1989) mantarı vakumla ve havayla ön soğutmuş; vakumla ön soğutulmuş mantarlarda oluşan ağırlık kaybının %1.9, havayla ön soğutulmuş mantarlarda oluşan ağırlık kaybının ise %0.7 olduğu tespit etmişlerdir. Adas (1989) çeşitli meyve ve sebzeleri suyla, vakumla, basınçlı havayla ve nemli

havayla ön soğutma yöntemleriyle soğutmuştur. Suyla ön soğutma sırasında ağırlık kaybının oluşmadığını, basınçlı havayla ön soğutmada orta seviyede, nemli havayla ön soğutmada minimum düzeyde ağırlık kaybının oluştuğu saptamıştır. Vakumla ön soğutma yönteminde oluşan ağırlık kaybının ise az, ancak etkili bir ağırlık kaybı olduğunu tespit etmiştir (<http://www.garlicworld.co.uk/grower/cooling/index.html>).

Sullivan ve ark. (1996) çeşitli tarımsal ürünleri suyla, basınçlı havayla, paket buzlamayla, soğuk hava deposunda ve vakumla ön soğutmuşlar; suyla ve paket buzlamayla ön soğutulmuş materyallerde soğutma işlemi sırasında ağırlık kazanımının oluştuğunu saptamışlardır. Ayrıca çalışmada kullanılan diğer soğutma yöntemleri içinde en fazla ağırlık kaybına yol açan yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu bildirmişlerdir (<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-521.html>).

McDonald ve ark. (2000, 2002) pişmiş eti vakumla, havayla ve suyla ön soğutmuşlar; suyla ön soğutulmuş materyallerde soğutma işlemi sırasında bir ağırlık artışı oluştuğunu, havayla ve vakumla ön soğutulmuş materyallerde ise bunun tam tersine bir ağırlık kaybı oluştuğunu saptamışlardır. Sun ve Wang (2000) eti vakumla, suyla, düşük ve yüksek basınçlı suyla ön soğutmuşlar; soğutma işlemleri sırasında en az ağırlık kaybının oluştuğu yöntemin %1.6 değeri ile suyla ön soğutma yöntemi olduğunu, bunu sırasıyla %4.5 değeri ile düşük basınçlı ön soğutma, %4.8 değeri ile basınçlı suyla ön soğutma ve %11.9 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemlerinin izlediğini saptamışlardır. Desmond ve ark. (2000) pişmiş eti vakumla, yüksek ve düşük basınçlı havayla ön soğutmuşlardır. Soğutma sırasında en az ağırlık kaybının %4.4 değeri ile düşük basınçlı ön soğutma yönteminde ortaya çıktığını; bunu sırasıyla %4.7 değeri ile basınçlı havayla ön soğutmanın ve %11.3 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminin izlediğini belirtmişlerdir. McDonald ve ark. (2001) pişmiş bifteği vakumla ve suyla ön soğutmuşlar; soğutma sırasında en az ağırlık kaybının %1.9 değeri ile suyla, en fazla ağırlık kaybının ise %10.4 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Desmond ve ark. (2002) domuz etini vakumla ve düşük basınçlı havayla ön soğutmuşlar, soğutma sırasında en az ağırlık kaybının %6.4 değeri ile düşük basınçlı havayla, en fazla ağırlık kaybının ise %10.7 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Zhang ve Sun (2006a) pirinci vakumla, havayla, soğuk hava deposunda ve evaporatörü rolbont tipli bir soğutma tankında soğutmuşlardır. Soğutma sırasında pirinçte oluşan en düşük ağırlık kaybının %0.04

değeri ile soğutma tankında soğutma yönteminde ortaya çıktığını, bunu sırasıyla %4.12 değeri ile soğuk hava deposunda, %5.65 değeri ile havayla ve %11.42 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemlerinin izlediğini tespit etmişlerdir. Zhang ve Sun (2006b) brokoli ve havucu vakumla, havayla, soğuk hava deposunda ve evaporatörü rolbont tipli bir soğutma tankında soğutmuşlardır. Havucun ön soğutulmasında en düşük ağırlık kaybının %5.42 değeri ile soğutma tankında soğutma yönteminde, brokolinin soğutulmasında ise %2.48 değeri ile vakumla ön soğutma yönteminde ortaya çıktığını saptamışlardır. Brokolinin soğutulmasında en düşük ağırlık kaybının meydana geldiği yöntem olan vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla %4.68 değeri ile soğutma tankında soğutma, %6.85 değeri ile soğuk hava deposunda soğutma ve %8.13 değeri ile havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediğini tespit etmişlerdir. Havucun soğutulmasında en düşük ağırlık kaybının olduğu yöntem olan soğutma tankında soğutma yöntemini ise %6.92 değeri ile soğuk hava deposunda soğutma, %7.76 değeri ile vakumla soğutma ve %8.46 değeri ile havayla soğutma yöntemlerinin izlediğini belirlemişlerdir. Jackman ve ark. (2007) pişmiş eti vakumla, havayla ve her iki yöntemin birlikte uygulanmasıyla elde edilen vakum-hava kombinasyonu ile ön soğutmuşlardır. En fazla ağırlık kaybının olduğu soğutma yönteminin %11.8 değeri ile vakumla ön soğutma yöntemi olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.2. Tarımsal ürünlerde soğutma işlemleri sırasında oluşan ağırlık farkları (%)

	HOS	VOS	BSOS	SOS
Karalahana	-1.84	-2.14	7.82	6.34
Pazı	-1.06	-2.46	8.11	7.63
Ispanak	-1.16	-4.24	9.94	7.63
Semizotu	-1.98	-2.42	8.40	7.94
Bakla	-0.50	-2.28	4.44	3.30
Enginar	-1.03	-1.88	3.78	2.83

Çalışmada, havayla, vakumla, suyla ve basınçla suyla ön soğutulan tarımsal ürünlerin soğutulmaları sırasında soğutma sistemlerinin şebekeden çektiği elektrik enerjisinin tüketim değeri monofaze ve trifaze elektrik sayaçları yardımıyla ölçülmüştür. Buna göre enerji tüketimi açısından en ekonomik yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu

saptanmıştır. Vakumla ön soğutma yöntemini sırasıyla, basınçlı suyla ön soğutma, suyla ön soğutma ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği belirlenmiştir. Enerji tüketimi değerlerinin soğutma süresine bölünmesiyle sistemlerin güç gereksinimleri hesaplanmıştır. En yüksek güç gereksiniminin vakumla ön soğutma yönteminde meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla, basınçlı suyla, suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği belirlenmiştir. Çizelge 4.3. de çeşitli soğutma yöntemleri ile ön soğutulmuş tarımsal ürünlerin soğutulması sırasında ölçülen enerji tüketim değerleri ile soğutma sistemlerinin güç gereksinimleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.3. Soğutma işlemleri sırasında ölçülen enerji tüketimi (kWh) ve harcanan güç değerleri (kW)

	Enerji Tüketimi (kWh)				Güç (kW)			
	HOS	VOS	BSOS	SOS	HOS	VOS	BSOS	SOS
Karalahana	1.19	0.37	0.49	0.67	0.38	0.69	0.54	0.49
Pazı	0.93	0.31	0.42	0.55	0.37	0.89	0.63	0.50
Ispanak	1.06	0.31	0.46	0.73	0.39	0.66	0.54	0.53
Semizotu	0.96	0.33	0.43	0.56	0.37	0.68	0.54	0.53
Bakla	0.75	0.35	0.38	0.52	0.37	0.70	0.49	0.45
Enginar	0.84	0.38	0.49	0.65	0.37	0.65	0.51	0.48

Soğutma sırasında ürünlerde saptanan enerji tüketimi ve güç gereksinimi değerleri literatür çalışmalarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen bulguların literatür çalışmalarıyla paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Adas (1989) çeşitli sebze ve meyveleri suyla, vakumla, basınçlı havayla ve nemli havayla ön soğutmuş; soğutma sırasında oluşan enerji tüketimini ve soğutma sistemlerinin güç gereksinimini ölçmüştür. Enerji tüketiminin en düşük olduğu yöntemin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu belirlemiştir. Ayrıca, basınçlı havayla ön soğutma yönteminde güç gereksiniminin orta, vakumla, suyla ve nemli havayla ön soğutma yönteminde güç gereksiniminin ise yüksek seviyede olduğunu tespit edilmiştir (<http://www.garlicworld.co.uk/grower/cooling/index.html>). Hui ve ark. (2000) taze meyve ve sebzeleri ön soğutma yaparak ve ön soğutulmaksızın soğuk hava deposunda muhafaza etmişlerdir. Ön soğutulmaksızın soğuk hava deposuna konulan ürünlerin soğutulması için gereken gücün 9.51 kW, ön

soğutulmuş ürünlerin soğuk depolanması sırasında gereken soğutma gücünün ise 2.28 kW olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ön soğutulmaksızın soğuk muhafaza edilen ürünlerin hasat sıcaklığından tarla sıcaklığına indirilmesi için harcanan gücün toplam gücün %67.1'ini oluşturduğunu saptamışlardır (<http://dsppsd.pwgsc.gc.ca/Collection/A51-4-2000E.pdf>). Işık (1994) marul, lahana, karnıbahar ve ıspanağı vakumla ön soğutmuş; enerji tüketim değerlerini marulda 0.30 kWh, karnıbahar, lahana ve ıspanakta 0.40 kWh olarak tespit etmiştir.

Ön soğutma uygulamalarının genel olarak iki amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki ön soğutma sonrasında ürünün soğuk muhafazasının sağlanması diğeri ise pazar koşullarında satışa çıkarılmasıdır. Bu nedenle havayla, suyla, basınçlı suyla ve vakumla ön soğutma yöntemleri ile soğutulmuş ürünler, hiç ön soğutma işlemi görmemiş ürünlerle birlikte hem kontrollü atmosfer odasında, hem de pazar koşullarının belirlenmesi açısından sıcaklık ve nem değeri sabit bir laboratuvar ortamında (oda koşulları) belirli bir süre boyunca bekletilmişlerdir. Karalahana, bakla ve enginar yapısal açıdan daha dayanıklı ürünler olduğu için kontrollü atmosfer odasında 30 gün, oda koşullarında ise 10 gün boyunca muhafaza edilmişlerdir. Kontrollü atmosfer odasında bozulma oranı, renk değerleri, ağırlık kaybı, genel görünüm derecesi ve meyve eti sertliği gibi çeşitli kalite parametreleri 0, 15 ve 30. günlerde ölçülürken, oda koşullarında bu değerler 0, 5 ve 10. günlerde ölçülmüştür. Pazı, ıspanak ve semizotu ise yapısal olarak hassas ürünler olduğundan kontrollü atmosfer odasında 15 gün, oda koşullarında ise 5 gün boyunca bekletilmişlerdir. Kontrollü atmosfer odasında 0 ve 15. günlerde, oda koşullarında ise 0 ve 5. günlerde bozulma oranı, ağırlık kaybı, genel görünüm derecesi ve renk kriterleri gibi bazı kalite parametreleri ölçülmüştür. Kalite parametreleri açısından hem kontrollü atmosfer odasında hem de oda koşullarında yapılan deneylerin sonuçlarına göre tarımsal ürünler için en uygun soğutma yöntemi saptanmıştır. Ürünler bazında oda koşullarında ve kontrollü atmosfer odasında ölçülen kalite parametreleri paralellik göstermiştir. Çizelge 4.4'de oda ve kontrollü atmosfer koşullarında bekletilmiş ürünlerin kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yöntemleri, ön soğutma yapılmamış ürünlerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. OK ve KAO koşullarında bekletilmiş ürünlerin kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yöntemleri

	OS	HOS	VOS	BSOS	SOS
KARALAHANA	*	**	*****	***	****
PAZI	*	****	*****	**	***
ISPANAK	*	**	****	***	*****
SEMİZOTU	***	*****	****	*	**
BAKLA	***	****	*****	*	**
ENGİNAR	***	*****	****	*	**

***** çok iyi; **** iyi; *** orta; ** kötü; * çok kötü

Çalışmada oda ve kontrollü atmosfer şartlarında belirlenen kalite parametreleri literatür çalışmalarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen bulguların literatür çalışmalarına benzerliği tespit edilmiştir. Işık (1994) hasat işlemlerinden sonra ön soğutulan ürünlerin ya satış için pazara, ya da depolanmak üzere soğuk depoya gönderildiğini belirtmiştir. Ayrıca ıspanağı vakumla ön soğutmuş ve vakumla ön soğutma tekniğinin ıspanağın ön soğutulmasına uygun bir soğutma tekniği olduğunu saptamıştır. Gast ve Flores (1991) çeşitli tarımsal ürünleri soğuk hava deposunda, paket buzlamayla, havayla, suyla ve vakumla ön soğutmuşlar; her bir ürün için en uygun soğutma tekniğini belirlemiştir. Ispanak için en uygun soğutma yönteminin suyla ön soğutma yöntemi olduğunu vurgulamışlardır (<http://www.oznet.ksu.edu/library/hort2/mf1002.pdf>). Lips ve ark. (1989) hindiba köklerini 1 ve 4°C sıcaklıktaki kontrollü atmosfer odasında 13 gün boyunca muhafaza etmişler ve kalite parametreleri açısından en uygun depolama sıcaklığının 1°C olduğunu saptamışlardır (http://www.actahort.org/books/258/258_56.htm). Nunes ve ark. (1995) havayla ön soğuttukları çileği hem 1°C sıcaklıkta kontrollü atmosfer koşullarında 7 gün süreyle, hem de 20°C sıcaklıktaki oda koşullarında 1 gün süreyle muhafaza etmişler; her iki muhafaza yönteminde çilekte meydana gelen kalite azalmasını tespit etmişlerdir. Kaynas ve Sivritepe (1995) olgunlaşmamış yeşil domatesi suyla ve basınçlı havayla ön soğutmuşlar, ön soğutulan domatesleri hem 20°C sıcaklıktaki oda koşullarında 4 gün, hem de 8 ve 12°C de soğuk hava deposunda 35 gün boyunca muhafaza etmişlerdir. Soğuk hava deposunda 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerde, oda koşullarında ise 4. günde ascorbik asit, likopen, suda çözünebilen katı madde ve pektin tayini gibi bazı kalite parametrelerine göre yapılan

değerlendirmelerde, olgunlaşmamış yeşil domatesin soğutulmasına en uygun yöntemin havayla ön soğutma yöntemi olduğunu belirlemişlerdir (http://www.actahort.org/books/412/412_23.htm). Niyomlao ve ark. (2000) çin lahanasını (*Brassica albograba* L.) 1, 5 ve 10°C sıcaklığındaki suyla ön soğutmuşlar, ön soğuttukları lahanalar ile ön soğutma yapılmamış lahanaları 16 gün boyunca 10°C sıcaklıkta depolamışlardır. Depolama işlemi sonunda renk, depolama ömrü, bozulma oranı, solunum hızı, genel görünüm derecesi gibi kalite parametreleri açısından en uygun suyla soğutma sıcaklığının 5°C olduğunu saptamışlardır (<http://www.aciar.gov.au/system/files/node/2140/pr100chapter7.pdf>). Rennie ve ark. (2001) marulu vakumla ön soğuttuktan sonra soğuk depolamışlar ve soğuk depolama sırasında marulda oluşan ağırlık kaybı, genel görünüm, bozulma oranı ve depolama ömrü gibi kalite parametrelerini belirlemişlerdir (http://res2.agr.ca/stjean/publivation/resume9900/vigneault6_e.htm). McDonald ve ark. (2000) vakumla, suyla, yüksek ve düşük basınçlı suyla ön soğuttukları eti 35 gün boyunca kontrollü atmosfer odasında depolamışlardır. Depolama süresince etlerde renk, tat, koku, ağırlık kaybı ve genel görünüm gibi bazı kalite parametrelerini saptamışlardır. Kalite parametreleri açısından taze ürüne en yakın değerlerin vakumla ön soğutulmuş örneklerde ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Rennie ve ark. (2001b) vakumla soğuttukları marulu 1°C sıcaklık ve %85 nispi nem koşullarına sahip kontrollü atmosfer odasında 16 gün boyunca depolamışlardır. Depolama sonunda marullarda oluşan ağırlık kaybının %2.9 olduğunu belirlemişlerdir. He ve ark. (2004) marulu farklı vakumlama hızlarında vakumla ön soğutmuşlar ve vakumla ön soğutulan materyalleri kalite parametrelerini belirlemek üzere 15 gün boyunca sıcaklığı 1°C ve nispi nemi %85 olan kontrollü atmosfer şartlarında muhafaza etmişlerdir. Tao ve ark. (2006) vakumla soğutulmuş mantarı, soğuk hava deposunda, düşük basınç odasında ve kontrollü atmosfer odasında 15 gün boyunca depolamışlardır. Ağırlık kaybı, solunum hızı, kararma, renk ve genel görünüm gibi kalite parametreleri açısından mantarın depolanmasına en uygun yöntemin kontrollü atmosfer odasında depolama yöntemi olduğunu tespit etmişlerdir.

SONUÇ

Çalışmada karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve enginar havayla, vakumla, suyla ve basınçlı 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 basınçlı suyla, suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Suyla ve basınçlı 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, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır.

Ön soğutulan karalahana, bakla ve enginarın bir kısmı oda koşullarında ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve %55-60 nispi nem) 10 gün boyunca, bir kısmı ise kontrollü atmosfer odasında (1°C sıcaklık ve $\%90 \pm 5$ nispi nem) 30 gün boyunca depolanmışlardır. Ispanak, pazı ve semizotu ise oda koşullarında 5 gün, kontrollü atmosfer odasında ise 15 gün boyunca muhafaza edilmişlerdir.

Hem oda, hem de kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza sırasında ürünlerin ağırlık kaybı, bozulma oranı, renk kriterleri, genel görünüm derecesi ve sertlik değerleri ölçülmüştür. Enginar hariç tüm ürünlerde renk ölçümleri yapılmıştır. Enginarın yenen kısmının kabuğunun içinde olmasından dolayı renk ölçümleri yapılmamıştır. Yapraklı ürünler olan karalahana, pazı ıspanak ve semizotunda sertlik değerleri sertlik ölçümüne uygun ürünler olmadıkları için ölçülmemiştir. Sertlik ölçümleri sadece bakla ve enginarda yapılmıştır.

Oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolama sırasında ölçülen kalite parametreleri açısından, karalahana, pazı, ıspanak, semizotu, bakla ve enginara en uygun soğutma yöntemleri saptanmıştır.

Karalahananın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla suyla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği tespit edilmiştir. Ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilen karalahanaların kalite parametrelerinin ise en düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Pazının oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla havayla, suyla ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır. Ayrıca, ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilen pazıların kalite parametrelerinin ise en düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

İspanağın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin suyla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla vakumla, basınçlı suyla ve havayla ön soğutma yöntemlerinin izlediği saptanmıştır. Ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilen ıspanağın kalite parametrelerinin ise en düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Semizotu ve enginarın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin havayla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla vakumla ön soğutma yöntemi, ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanan ürünler, suyla ön soğutma yöntemi ve basınçlı suyla ön soğutma yöntemi izlemiştir. Ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanan semizotu ve baklanın kalite parametrelerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş semizotu ve baklanın kalite parametrelerine göre daha yüksek düzeyde bulunduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak çalışmada, semizotu ve enginarın, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Baklanın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinde kalite parametreleri açısından en uygun soğutma yönteminin vakumla ön soğutma yöntemi olduğu, bunu sırasıyla havayla ön soğutma yönteminin, ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanan ürünlerin, suyla ön soğutma yönteminin ve basınçlı suyla ön soğutma yönteminin takip ettiği belirlenmiştir. Ön soğutulmaksızın oda ve kontrollü atmosfer koşullarında depolanan baklaların kalite parametrelerinin, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmuş baklaların kalite parametrelerine göre daha yüksek düzeyde bulunduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak çalışmada, baklanın, suyla ve basınçlı suyla ön soğutulmasının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AKBUDAK, B., Ö.A. KARABULUT. 2002. Üzüm Muhafazasında Gri Küf'den (*Botrytis cinerea* Pers:Fr.) Kaynaklanan Kalite Kaybı ve Çürümelerin Ultraviolet-C (UV-C) Işık Uygulamaları ile Önlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2):35-46.
- 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. OZER, 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.*
- ALİBAS, I. 2006. Characteristics of Chard Leaves during Microwave, Convective, and Combined Microwave-Convective Drying. *Drying Technology*, 24(1):1-11.
- ALİBAŞ, K. 1995. Termodinamik-II. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No:69. Bursa. s.126.*
- ALIBAS-OZKAN, I., B. AKBUDAK, N. AKBUDAK. 2007. Microwave drying Characteristics of Spinach. *Journal of Food Engineering*, 78(2):577-583.
- ARTES, F., J.A. MARTINEZ. 1995. Effects of Vacuum Cooling and Packaging Films on the Shelf Life of Salinas Lettuce, In *Proceeding of international conference on refrigeration and quality of fresh vegetables (pp. 311-315).* Paris, France: International Institute of Refrigeration.
- ARTES, F., J.A. MARTINEZ. 1996. Influence of Packaging Treatments on the Keeping Quality of Salinas Lettuce, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologies*, 29:664-668.
- BOLKENT, Ş., R. YANARDAĞ, A. TABAKOĞLU-OĞUZ, Ö. ÖZSOY-SAÇAN. 2000. Effects of Chard (*Beta vulgaris L. var. cicla*) Extract on Pancreatic B Cells in Streptozotocin-diabetic Rats: A Morphological and Biochemical Study. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2): 251-259.
- BROSNAN, T., D.W. SUN. 2001. PH – Postharvest Technology: Compensation for Water Loss in Vacuum Precooled Cut Lily Flowers. *Journal of Food Engineering*, 79(3):299-305.
- 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.
- CHENG, H.-P., C.-F. HSUEH. 2007. Multi-stage Vacuum Cooling Process of Cabbage, *Journal of Food Engineering*, 79:37-46.
- CHILLO, S., J. LAVERSE, P.M. FALCONE, M.A. DEL NOBILE. 2008. Quality of Spaghetti in Base Amaranthus Wholemeal Flour Added With Quinoa, Broad Bean and Chick Pea. *Journal of Food Engineering*, 84(1):101-107.
- DeELL, J.R., C. VIGNEAULT, S. LEMERRE. 2000. Water Temperature for Hydrocooling Field Cucumbers in Relation to Chilling Injury during Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 18:27-32.
- 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.
- DESMOND, E.M., T.A. KENNY, P. WARD, D.W. SUN. 2000. Effect of Rapid and Conventional Cooling Methods on the Quality of Cooked Ham Joints. *Meat Science*, 56:271-277.
- DİNÇER, 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. In A. Turner (Ed.), *Food Technology International Europe* (pp. 71-74). London: Sterling Publications Ltd.
- EZEKWE, M.O., T.R. OMARA-ALWALA, T. MEMBRAHTU. 1999. Nutritive Characterization of Purslane Accessions as Influenced by Planting Date, *Plant Foods Hum. Nutr*, 54:183-191.
- FROST, C.E., K.S. BURTON, P.T. ATKEY. 1989. A Fresh Look at Cooling Mushroom. *Mushroom Journal*, 193:23-29.
- GORMLEY, T.R., C. MACCANNA. 1967. Pre-packaging and Shelf Life of Mushroom. *Irish Journal of Agricultural Research*, 6:255-265.
- GÜNDOĞDU, A. 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Karalahanalarda (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Bazı Element Tayinleri. Yüksek Lisans Tezi, (yayınlanmamış), Karadeniz Teknik Üniversitesi, s. 165.

- HAAS, E., G. GUR. 1987. Factor Effecting the Cooling Rate of Lettuce in Vacuum Cooling Installations. *International Journal of Refrigeration*, 10(2):82-86.
- HE, S.Y., Y.F. Lİ. 2003. Theoretical Simulation of Vacuum Cooling of Spherical Foods. *Applied Thermal Engineering*, 23(12):1489-1501.
- HE, S.Y., G.P. FENG, H.S. YANG, Y. WU, Y.F. Lİ. 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.
- HOUŠKA, M., Š. PODLOUCKY, R. ŽINTNY, R. GREE, J. ŠEASTAK, M. DOSTAL, D. BURFOOT. 1996. Mathematical Model of The Vacuum Cooling of Liquids. *Journal of Food Engineering*, 29(3-4):339-348.
- HOUŠKA, 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.
- HU, Z., D.W. SUN. 2003. Corrigendum to “CFD predicting the effects of various parameters on core temperature and weight loss profiles of cooked meat during vacuum cooling”: [Comput. Electron. Agric. 34 (2002) 111–127]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39(3):255.
- İŞİK, E. 1994. Vakum Soğutma Sistemlerinde İşletim ve Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesine Yönelik Model Çalışması. Doktora Tezi, (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi, s. 134.
- İŞİK E., İ. ALİBAŞ. 2000. Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler ve Kurutma Sistemleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Notu No:3. Bursa. s.64.
- İŞİK, E. 2003. Biyolojik Materyalin Teknik Özellikleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 95. Bursa. s. 105.
- JACKMAN, P., D.W. SUN, L. ZHENG. 2005. Effect of Combined Vacuum Cooling and Air Blast Cooling on Processing Time and Cooling Loss of Large Cooked Beef Joints. *Biosystems Engineering Review*, National University of Ireland, Dublin, 10: 41-44.
- 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.
- JIN, T.X. 2007. Experimental Investigation of the Temperature Variation in the Vacuum Chamber during Vacuum Cooling. *Journal of Food Engineering*, 78:333-339.

KADER, A.A., R.F. KARMINE, F.G. MITCHELL, N.F. SOMMER, J.F. THOMPSON. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops, 2nd Edition. Special Publication 3311. University of California Press, Berkeley, CA, USA

LANDFELD, A., M. HOUSKA, K. KYROS, J. QIBIN. 2002. Mass Transfer Experiments on Vacuum Cooling of Selected Pre-cooked Solid Foods. *Journal of Food Engineering*, 52(3):207-210.

LISIEWSKA, Z., W. KMIĘCIK, J. ŚLUPSKI. 2007. Content of Amino Acids in Raw and Frozen Broad Beans (*Vicia faba* var. major) Seeds at Milk Maturity Stage, Depending on the Processing Method. *Food Chemistry*, 105(4):1468-1473.

LIU, L., P. HOWE, Y.F. ZHOU, Z.O. XU, C. HOCART, R. ZHANG. 2000. Fatty Acids and β -carotene in Australian Purslane (*Portulaca oleracea*) Varieties. *Journal of Chromatography A*, 893(1-29):207-213.

MARTÍNEZ, J. A., F. ARTÉZ. 1999. Effect of Packaging Treatments and Vacuum Cooling on Quality of Winter Harvested Iceberg Lettuce. *Food Research International*, 32(9):621-627.

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. KENNY. 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.

NELSON, K. E. 1978. Pre-cooling – Its Significance to the Market Quality of The Table Grapes. *International Journal of Refrigeration*, 1(4):207-215.

- 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.
- ÖZER, M.H., F. MASATÇI. 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 (2002).
- POKLUDA, R., J. KUBEN. 2002. Comparison of Selected Swiss Chard (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L.) Varieties. *Horticultural Science*, 29:114-118.
- RENNIE, T.J., V. RAGHAVAN, C. VIGNEAULT, Y. GARIEPY. 2001a. Vacuum Cooling of Lettuce with Various Rates of Pressure Reduction. *Transaction of the ASAE*. 44(1): 89-93.
- RENNIE, T.J., C. VIGNEAULT, G.S.V. RAGHAVAN, J.R. DeELL. 2001b. Effects of Pressure Reduction Rate on Vacuum Cooled Lettuce Quality during Storage. *Canadian Biosystems Engineering*, 43(3):39-43.
- ROMANI, A., P. PINELLI, C. CANTANI, A. CIMATO D. HEIMLER. 2006. Characterization of Violetto di Toscana, A Typical Italian Variety of Artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food Chemistry*, 95(2):221-225.
- ROMERO, D. M., S. CASTILLO, D. VALERO. 2003. Forced-air cooling applied before fruit handling to prevent mechanical damage of plums (*Prunus salicina* Lindl.). *Postharvest Biology and Technology*, 28(1):135-142.
- SANKAT, C.K., S. MUJAFFAR. 1999. Water Balance in Cut *Anthurium* Flowers in Storage and its Effects on Quality. *Acta Horticulturae*, 368: 723–732.
- SHERROD, P.H. 2001. Nonlinear Regression Analysis Program, NLREG Version 6.2. Phillip H. Sherrod, Nashville, Brentwood, TN.
- SUN, D.W. 1999a. Comparison of Rapid Vacuum Cooling of Leafy and Non-leafy Vegetables. ASAE Paper. No.996117, ASAE, 2950 Niles Poad, St. Joseph, MI 49085 9659, USA.
- SUN, D.W. 1999b. Effects of Pre-wetting on Weight Loss and Cooling Times of Vegetables during Vacuum Cooling. ASAE Paper. No.996119, ASAE, 2950 Niles Poad, St. Joseph, MI 49085 9659, USA.
- SUN, D.W. 2000. Experimental Research on Vacuum Rapid Cooling of Vegetables. In *Advances in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain* (pp. 342-347). Paris, France: International Institute of Refrigeration.

SUN, D.W., T. BROSANAN. 1999. Extension of Vase Life of Cut Daffodil Flowers by Rapid Vacuum Cooling. *International Journal of Refrigeration*, 22(6):472-478.

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., Z. HU. 2003. CFD Simulation of Coupled Heat and Mass Transfer Through Porous Foods during Vacuum Cooling Process. *International Journal of Refrigeration*, 26(1):19-27.

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.

SUN, D.W., L. ZHENG. 2006. Vacuum Cooling Technology for the Agri-food Industry: Past, Present and Future. *Journal of Engineering*, 77:203-214.

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 Agrícola e Ambiental*, 5(3):481-486.

THOMPSON, C., E. HERNST. 2003. Herbs for Serum Cholesterol Reduction: A Systematic View. *Journal of Family Practise*, 52:468-478.

TOLEDO, M.E.A., Y. UEDA, Y. IMAHORI, M. AYAKI. 2003. L-ascorbic Acid Metabolism in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) during Postharvest Storage in Light and Dark. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1):47-57.

UYLAŞER, V., F. BAŞOĞLU. 2000. Gıda Analizleri I-II Uygulama Kılavuzu. U.Ü. Ziraat Fak. Uygulama Kılavuzu No: 9, s. 119.

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. 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., D.W. SUN. 2002d. 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. 2002e. 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

YAVUZCAN, G. 1968. Zirai Elektrifikasyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 318, Ders Kitabı: 113. Ankara. s.162-170.

YAZICI, I., I. TURKAN, A. H. SEKMEN, T. DEMIRAL. 2007. Salinity Tolerance of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is Achieved by Enhanced Antioxidative System, Lower Level of Lipid Peroxidation and Proline Accumulation. Environmental and Experimental Botany, 61(1):49-57.

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.

ZHU, X.F., H.X. ZHANG, R. LO. 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., H.X. ZHANG, R. LO. 2005. Antifungal Activity of *Cynara scolymus* L. Extracts, Fitoterapia, 76(1):108–111.

WEB SAYFALARI

<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A51-4-2000E.pdf>, Erişim Tarihi: 15.10.2004. Konu: Research Summary: Effect of Precooling of Horticultural Crops on Refrigeration during Transport. Yazar: HUI, C.K.P., C. VIGNEAULT, G.S.V.RAGHAVAN, J. DeELL.

<http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>, Erişim Tarihi: 17.09.2007. Konu: Food and Agriculture Organization of The United Nations, ProdStat, Crops

<http://www.aciar.gov.au/system/files/node/2140/pr100chapter7.pdf>, Erişim Tarihi: 12.11.2005. Konu: The Effects of Hydro-cooling and Plastic Packaging on the Shelf Life of Chinese Kale (*Brassica alograba* L.). Yazar: NIYOMLAO, W., S. KANLAYANARAT, C. MANEERAT.

http://www.actahort.org/books/38/38_37.htm, Erişim Tarihi: 10.11.2004. Konu: Some Trials of Salad Precooling. Yazar: GORINI, F., G. BORINELLİ, L. UNCINI.

http://www.actahort.org/books/566/566_71.htm, Erişim Tarihi: 10.11.2004. Konu: Modelling Cooling Methods for Horticultural Produce. Yazar: VARSZEGI, T.

http://www.actahort.org/books/258/258_56.htm, Erişim Tarihi: 10.11.2004. Konu: Pre-cooling or an Artificial Stimulation of the Maturation Process of Witloof-Roots (*Cichorium intybus* L. Var. *Foliosum*) for Early Forcing. Yazar: LIPS, J., W. CAPPELE, R. MOERMANS.

http://www.actahort.org/books/412/412_23.htm, Erişim Tarihi: 10.11.2004. Konu: Effect of Pre-cooling Treatments on Storage Quality of Mature Green Tomatoes. Yazar: KAYNAS, K., H.Ö. SIVRITEPE.

http://www.actahort.org/books/444/444_86.htm, Erişim Tarihi: 10.11.2004. Konu: Air Precooling and Hydrocooling of Hayward Kiwifruit. Yazar: LAMBRINOS, G., H. ASSIMAKI, H. MANOLOPOULOU.

<http://www.garlicworld.co.uk/grower/cooling/index.html>, Erişim Tarihi: 15.03.2004. Konu: Rapid cooling of horticultural produce a guide to system selection. Yazar: Adas (1989).

http://www.henlock.co.uk/Fresh_Produce_Cooling.pdf, Erişim Tarihi: 30.10.2003. Konu: Rapid Cooling of Fresh Vegetables. Yazar: WARD, F.

<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-521.html>, Erişim Tarihi: 31.10.2003. Konu: Precooling: Key Factor for Assuring Quality in New Fresh Market Vegetables Crops. Yazar: SULLIVAN, G.H., L.R. DAVENPORT, J.W. JULIAN (1996).

<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0439.pdf>, Erişim Tarihi: 24.01.2004. Konu: Thermal Properties of Cooked Beef as Affected by vacuum Cooling and Conventional Cooling. Yazar: SUN, D.W., K. McDONALD (2003).

<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0470.pdf>, Erişim Tarihi: 24.01.2004. Konu: Experimental Study on Temperature and Weight Loss Profiles of Vacuum Cooling of Sliced Cooked Carrot. Yazar: ZHANG, Z., D.W. SUN. (2003).

<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0471.pdf>, Erişim Tarihi: 24.01.2004. Konu: CFD Prediction of Cooling Time, Weight Loss, Temperature Distribution and Air Flow during Vacuum Cooling of Ready Meals. Yazar: XIA, B., D.W. SUN. (2003).

<http://www.icr2003.org/abstracts/ICR0635.pdf>, Erişim Tarihi: 24.01.2004. Konu: Vacuum Cooling of Meat for Catering Systems. Yazar: HOUSKA, M., A. LANDFELD, Z. ZHANG, D.W. SUN. (2003).

<http://www.ntvmsnbc.com/news/275523.asp>, Erişim Tarihi: 15.10.2007. Konu: Sağlık ve Lezzet Kaynağı: Enginar

<http://www.oznet.ksu.edu/library/hort2/mf1002.pdf>, Erişim Tarihi: 17.03.2004. Konu: Precooling Produce: Fruits & Vegetables. Yazar: GAST, K.L.B., R. FLORES.(1991).

http://res2.agr.ca/stjean/publivation/resume9900/vigneault6_e.htm, Erişim Tarihi: 31.10.2003. Konu: Effect of Vacuum Cooling on Precooking of Lettuce. Yazar: RENNIE, T.J., C. VIGNEAULT, G.S.V. RAGHAVAN, Y.AMESSE, J. DeELL

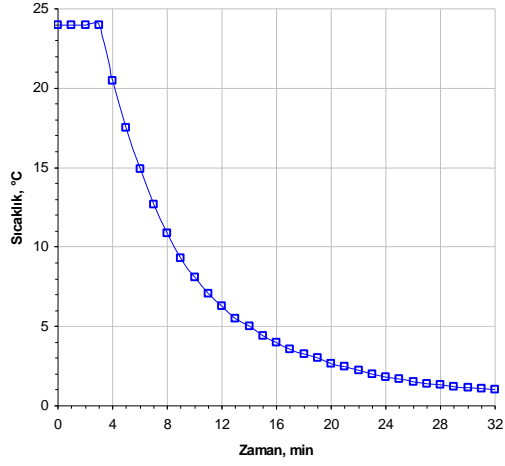
<http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4555/eopr-4555.htm>, Erişim Tarihi: 28.10.2003. Konu: Rapid Cooling of Cooked Meat Joints. Yazar: KENNY, T., E. DESMOND, P. WARD, D.W. SUN.

<http://www.urbanext.uiuc.edu/%20veggies/collards1>, Erişim Tarihi: 24.10.2003. Konu: Collard.

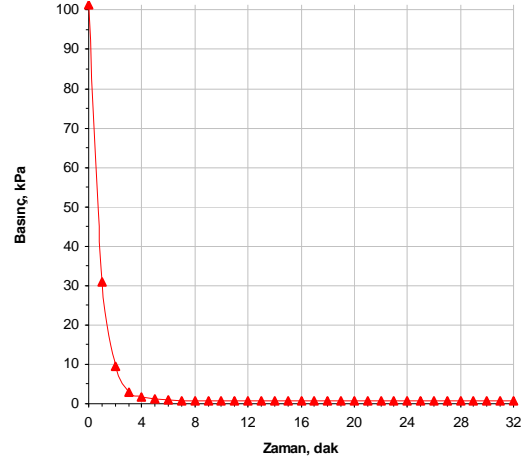
Ek-1. Çeşitli bahçe ürüne ait istatistiki veriler (FAOSTAT 2007)

<http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>

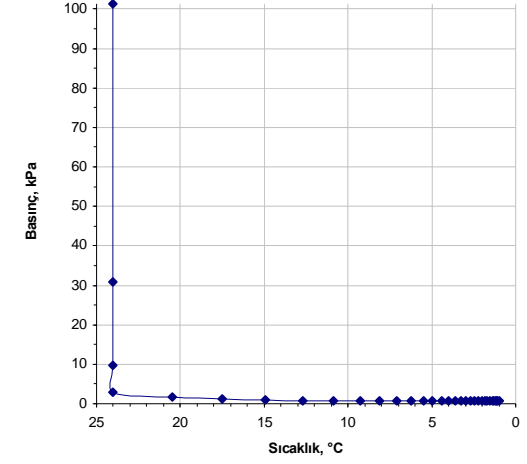
		Yıllar					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Birim Alandaki Ürün Miktarı (kg ha⁻¹)							
Enginar	Türkiye	10652.20	11521.70	11250.00	11200.00	12000.00	12000.00
	Amerika	12893.30	14000.00	12882.50	15711.30	12309.20	12915.30
	A.B.	68353.3	70372.6	70507.6	67453.3	65594.9	61765
Baklagiller (yeşil)	Türkiye	8210.10	8194.40	8218.00	8200.50	8255.20	8224.90
	Amerika	7700.40	7420.10	7797.70	7734.50	8233.00	7772.40
	A.B.	198536.8	218640.1	216291.2	185393.8	191730.5	190328.5
Ispanak ve Pazı	Türkiye	9534.90	9767.40	9777.80	9777.80	9770.60	9777.80
	Amerika	18585.30	16456.20	17542.10	17526.90	19114.00	18658.10
	A.B.	277116.8	263726.3	274262.3	258359.2	275266.2	267358.1
Lahanagiller	Türkiye	22656.30	22187.50	22500.00	22531.30	21875.00	21906.30
	Amerika	23650.30	23730.10	23594.20	23712.60	37054.30	36867.90
	A.B.	804607.4	772205.4	741856.5	745100.4	788803.5	782763.4
Yeşil Yapraklı Sebzeler	Türkiye	13491.00	13916.50	14084.00	13753.60	13765.60	13734.70
	Amerika	16536.80	16853.30	17367.40	18039.10	17644.30	18328.60
	A.B.	438757.4	459837.4	461958.5	437662.4	415419.6	408017
Üretim Miktarı (1000 ton)							
Enginar	Türkiye	24.50	26.50	27.00	28.00	30.00	30.00
	Amerika	45.90	45.36	42.77	45.72	37.42	38.10
	A.B.	902.36	841.66	854.81	782.16	883.05	748.77
Baklagiller (yeşil)	Türkiye	555.00	531.00	558.00	597.00	634.00	607.00
	Amerika	1144.66	1050.02	1109.53	1027.60	1117.13	1090.00
	A.B.	1330.71	1343.78	1392.26	1355.34	1370.49	1352.98
Ispanak ve Pazı	Türkiye	205.00	210.00	220.00	220.00	213.00	220.00
	Amerika	345.50	283.54	306.11	361.58	402.35	405.44
	A.B.	532.42	483.89	518.15	520.68	535.82	547.43
Lahanagiller	Türkiye	725.00	710.00	720.00	721.00	700.00	701.00
	Amerika	2598.69	2491.66	1967.76	1981.19	1132.75	1099.77
	A.B.	6445.22	6253.45	5503.87	6092.6	5939.61	5866.12
Yeşil Yapraklı Sebzeler	Türkiye	328.58	329.80	349.79	352.22	352.78	351.36
	Amerika	5123.10	5113.98	4841.95	5138.44	4850.94	4995.64
	A.B.	12922.58	12553.64	13241.65	11765.45	11483.02	11243.53
Ekilen Alan Miktarı (1000 Ha)							
Enginar	Türkiye	2.30	2.30	2.40	2.50	2.50	2.50
	Amerika	3.56	3.24	3.32	2.91	3.04	2.95
	A.B.	84.92	83.09	84.33	82.49	81.84	82.29
Baklagiller (yeşil)	Türkiye	67.60	64.80	67.90	72.80	76.80	73.80
	Amerika	148.65	141.51	142.29	132.86	135.69	140.24
	A.B.	129.91	125.59	127.87	136.59	131.09	131.31
Ispanak ve Pazı	Türkiye	21.50	21.50	22.50	22.50	21.80	22.50
	Amerika	18.59	17.23	17.45	20.63	21.05	21.73
	A.B.	30.91	30.17	30.25	31.52	31.33	30.88
Lahanagiller	Türkiye	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
	Amerika	109.88	105.00	83.40	83.55	30.57	29.83
	A.B.	227.19	223.81	205.25	220.83	208.22	228.18
Yeşil Yapraklı Sebzeler	Türkiye	24.36	23.70	24.84	25.61	25.63	25.58
	Amerika	309.80	303.44	280.41	284.85	274.93	272.56
	A.B.	736.72	701.59	734.5	684.03	684.61	683.56



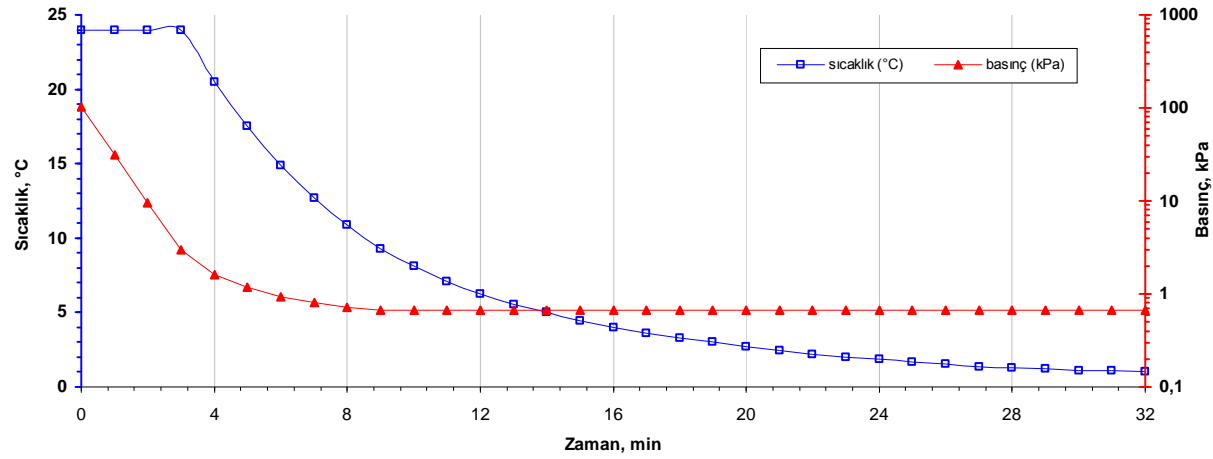
(a)



(b)

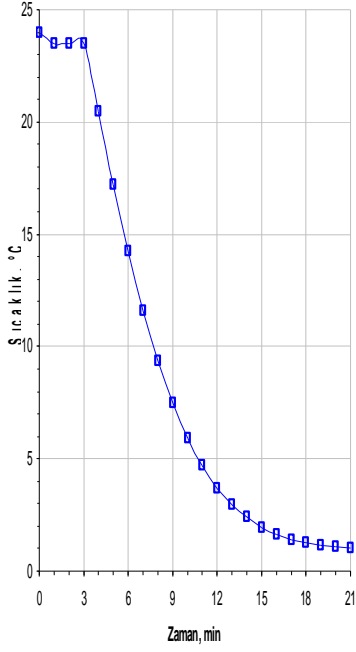


(c)

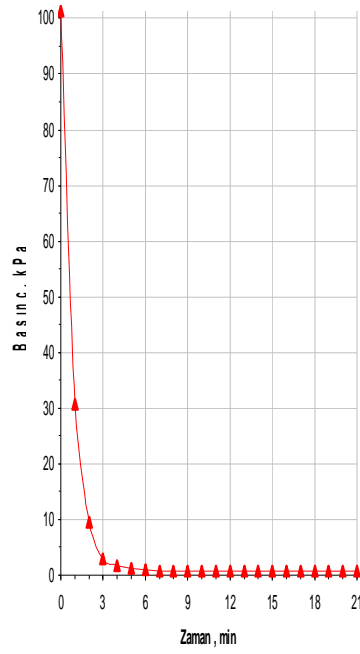


(d)

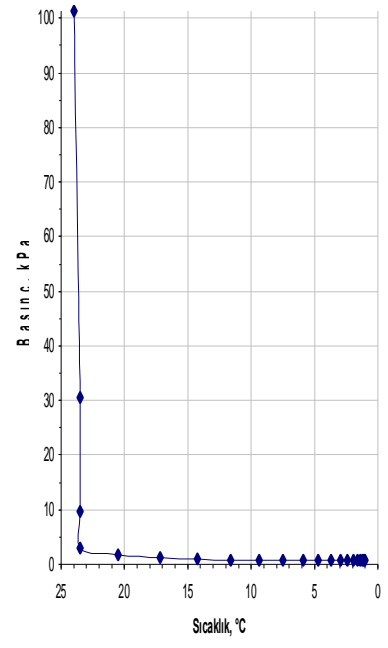
Ek-2. Karalahananın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri



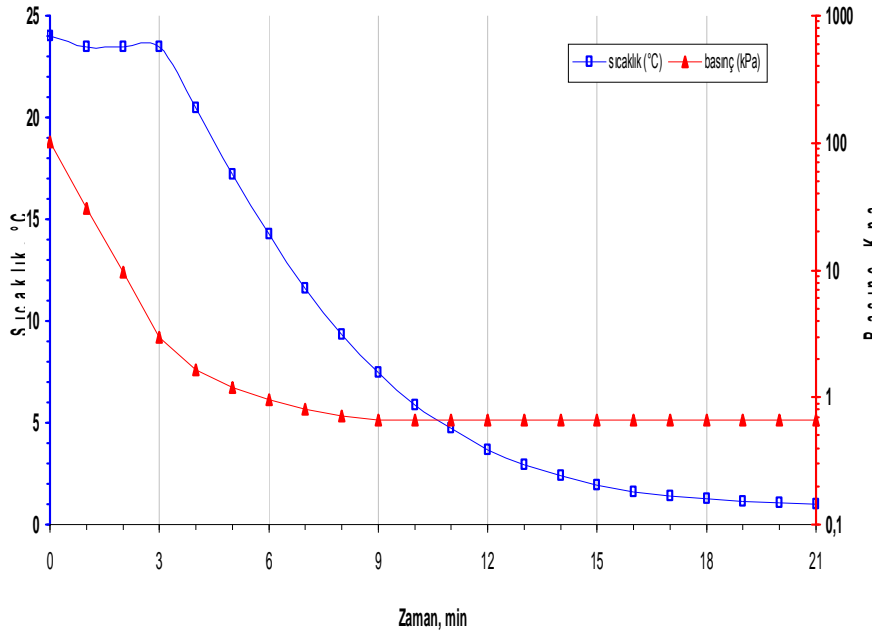
(a)



(b)

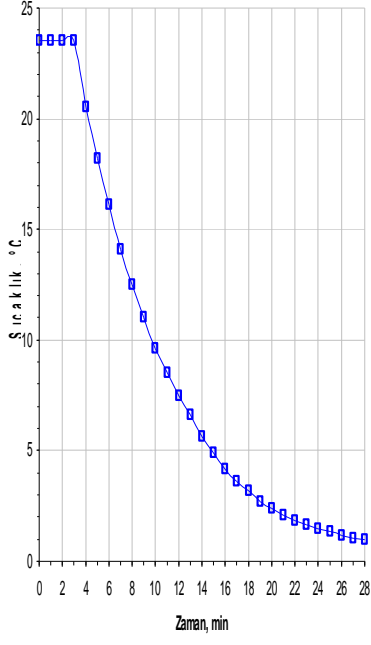


(c)

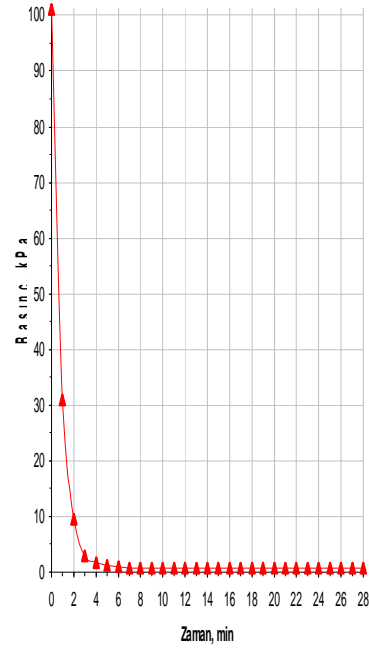


(d)

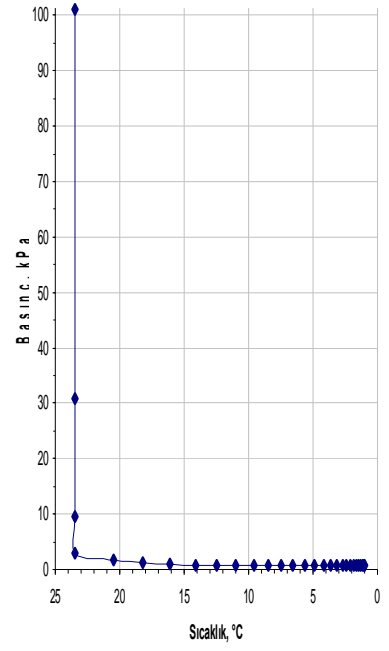
Ek-3. Pazının vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri



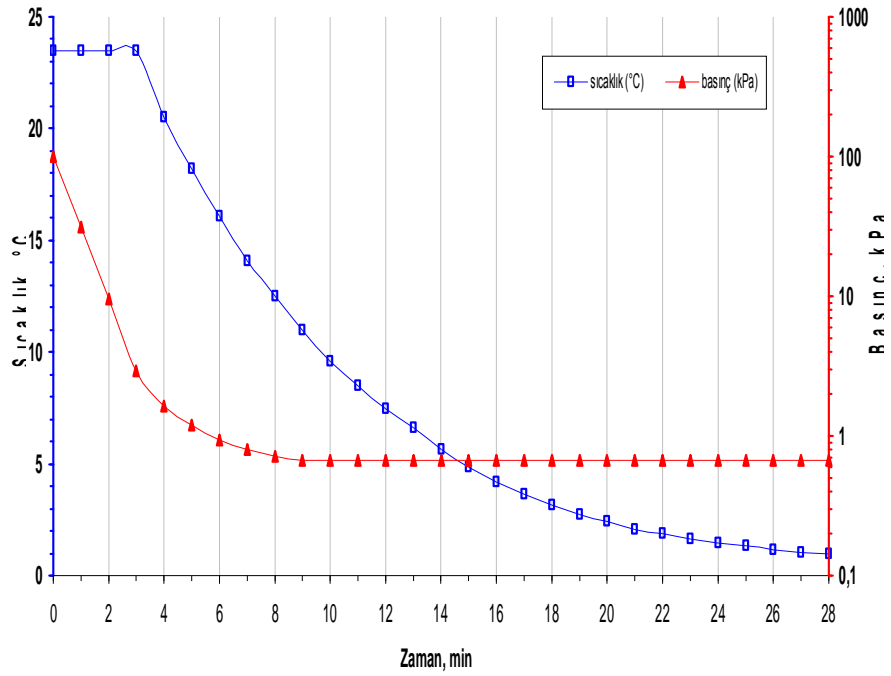
(a)



(b)

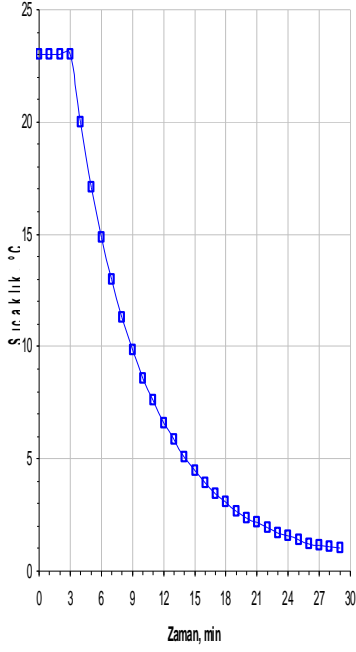


(c)

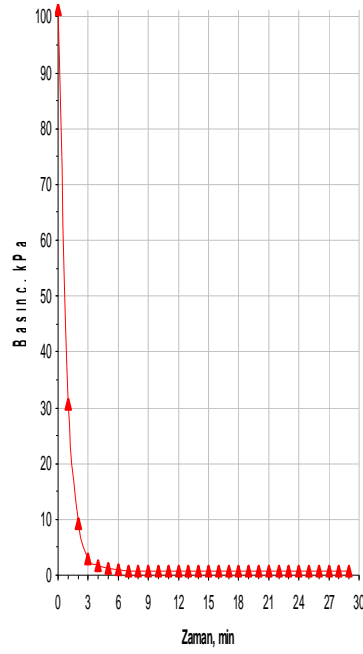


(d)

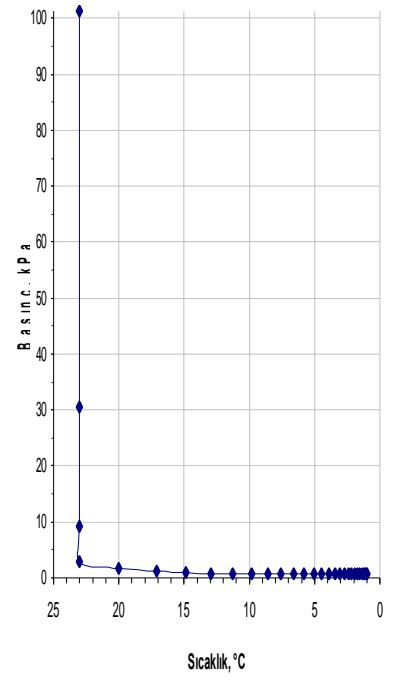
Ek-4. Ispanağın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri



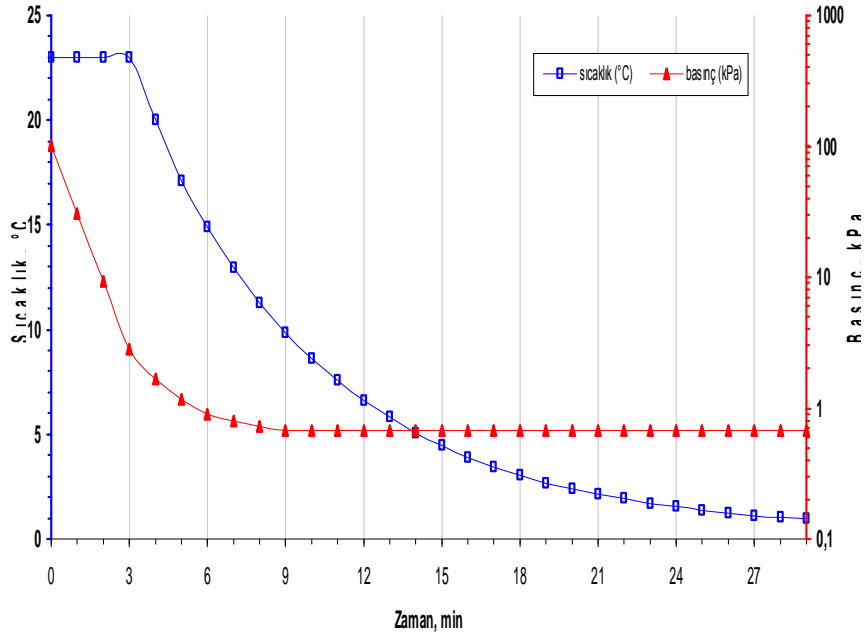
(a)



(b)

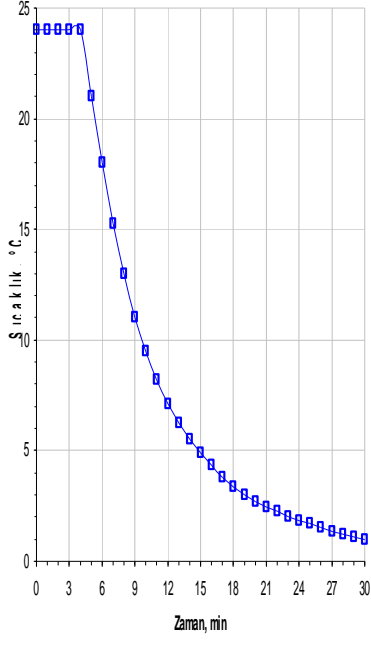


(c)

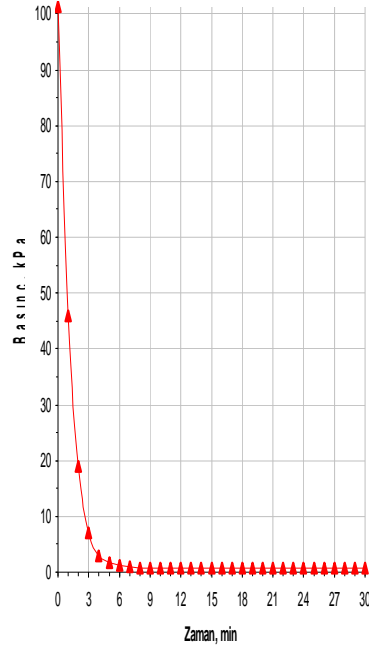


(d)

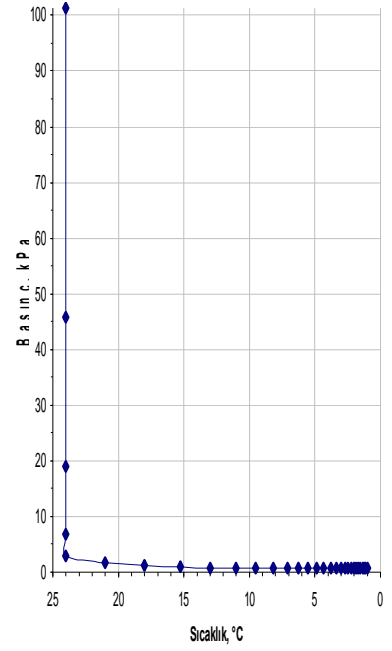
Ek-5. Semizotunun vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri



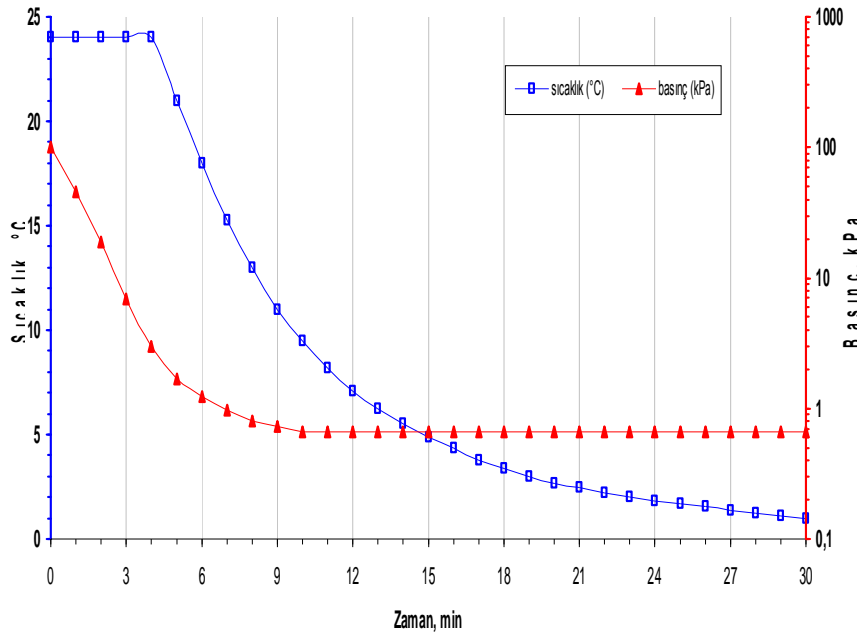
(a)



(b)

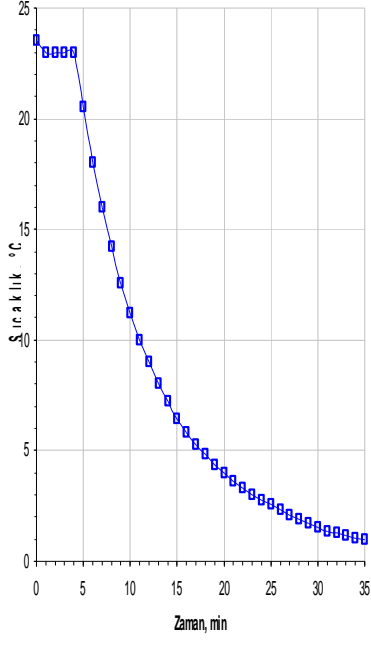


(c)

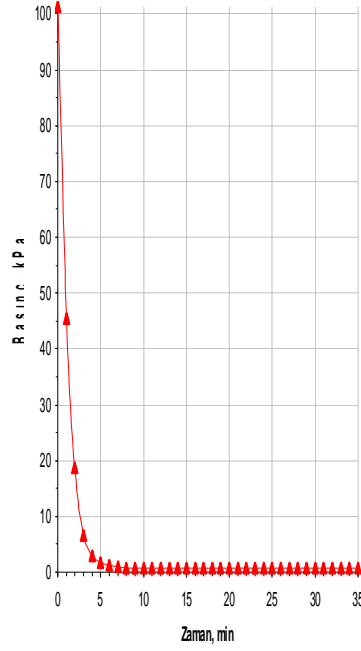


(d)

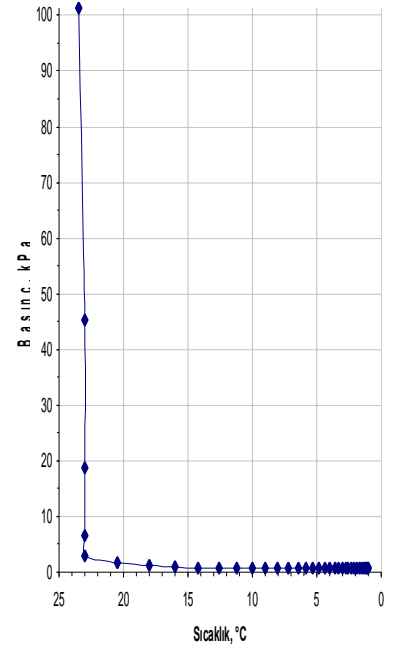
Ek-6. Baklanın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri



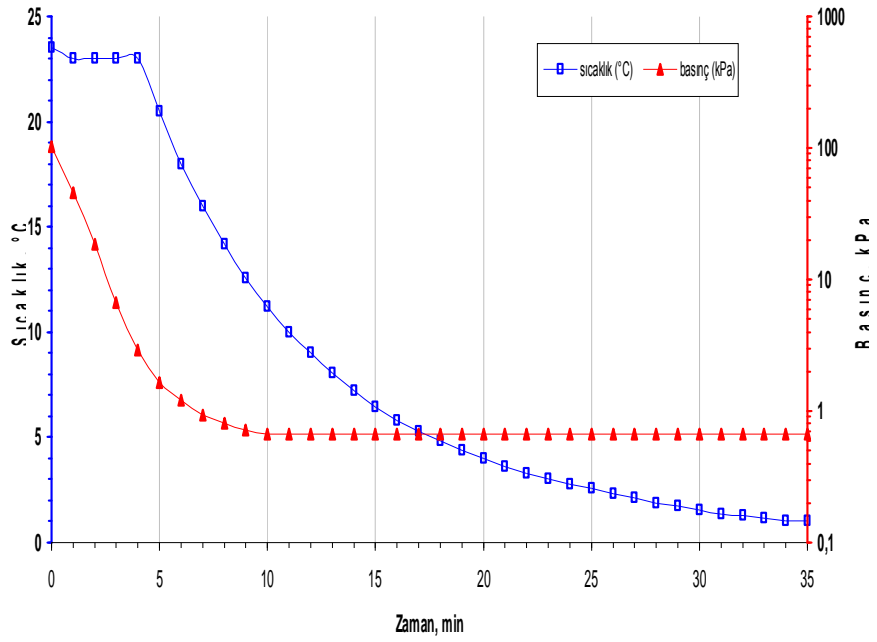
(a)



(b)



(c)



(d)

Ek-7. Enginarın vakumla soğutulmasındaki (a) sıcaklık-zaman, (b) basınç-zaman, (c) basınç-sıcaklık, (d) basınç-sıcaklık-zaman grafikleri

ÖZGEÇMİŞ

28.09.1977 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve Ortaokulu Zonguldak’ta, liseyi Bursa Cumhuriyet Lisesinde okudu. 1994 yılında U.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü’nü kazandı. İki aylık mesleki stajını, 1997 yılında Bonn Üniversitesi Landtechnik Bölümü’nde tamamladı. 1998 yılında U.Ü. Ziraat Fakültesi’nden “Fakülte Birinciliği” derecesiyle mezun oldu. 1999 yılında U.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü’ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2001 yılında yüksek lisansını bitirerek “Yüksek Mühendis” unvanını kazandı. 2002 yılında U.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü’nde doktora eğitimine başladı. Halen U.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. 2002 yılında Burak Barış ÖZKAN isminde bir oğlu dünyaya gelmiştir.

TEŞEKKÜR

Danışmanım Prof. Dr. Rasim OKURSOY'a, tezimde kullandığım soğutma sistemlerinin tasarlanmasında desteğini benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Eşref IŞIK'a, deneme düzenlerinin oluşturulmasını destekleyen U.Ü. Araştırma Fonu'na ve DPT'na, ön soğutulan ürünlerin kalite parametrelerinin değerlendirilmesini sağlayan Doç. Dr. Bülent AKBUDAK'a, termodinamik analizlerin yapılmasında yardımını esirgemeyen Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ'a, istatistik analizlerin yapımında büyük emeği olan Prof. Dr. Zeki Metin TURAN'a, tez izleme komitesi üyeleri olan Prof. Dr. Erkan REHBER, Yrd. Doç. Dr. Ahmet DARGA ve Yrd. Doç. Dr. Ali VARDAR'a, denemelerimde bana her konuda yardımcı olan Araş. Gör. Nazmi İZLİ'ye, denemelerim süresince laboratuvarlarını kullanmama izin veren U.Ü.Z.F. Bahçe Bitkileri Bölümü ile Gıda Mühendisliği Bölümü'ne, başta annem Nurten ALİBAŞ olmak üzere bana her konuda destek veren ve kucak açan aileme, yoğun çalışmalarım sırasında çoğu zaman ihmal etmek zorunda kaldığım biricik oğlum Burak Barış ÖZKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.