83993

SOĞUTMA ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN SOĞUTMA ORTAMINDA FARKLI HAVA HIZLARI MEYDANA GETİRİLEREK MEYVALARIN İÇ SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Murat Ahmet ÖKMEN

YÜKSEK LİSANS

(MAKİNE EĞİTİMİ)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OCAK, 1999

ANKARA

Murat Ahmet ÖKMEN tarafından hazırlanan SOĞUTMA ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN FARKLI HAVA HIZLARINDA MEYVALARIN İÇ SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Y. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Ethem Sait ÖZ

Üye : Y.Doç.Dr. Kurtuluş BORAN

Üye : Y.Doç.Dr. Adnan SÖZEN

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım esaslarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ÇİZELGELER LİSTESİ iv
ŞEKİLLER LİSTESİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR xi

1. GİRİŞ 1

2. TEORİK BİLGİLER 3
2. 1. Giriş 3
2. 2. Önsoğutmanın Önemi 3
2. 2. 1. Ürünler ne zaman soğutulmalıdır? 3
2. 2. 2. Ürünler hangi hızda soğutulmalı? 4
2. 3. Önsoğutma Yöntemleri 4
2. 3. 1. Ön soğutma yöntemlerinin seçiliş nedenleri 5
2. 3. 1. 1. Ürünün ısı transfer yeteneği 5
2. 3. 1. 2. Ürünün yüzey/hacim oranı ve yüzey özellikleri 5
2. 3. 1. 3. Ürünün Bozulabilirlik derecesi ve soğuma gereksinimi 5
2. 3. 1. 4. Soğutma sisteminin maliyeti, işletme masrafları ve kullanma süresi 6
2. 3. 1. 5. Ürünün su kaybı üzerine etkisi 6
2. 3. 2. Önsoğutmada soğuma hızını belirleyen parametreler 6
2. 3. 2. 1. Ürün ile soğutma ortamı arasındaki fark 7
2. 3. 2. 2. Ürünün şekil ve iriliği ile yüzey özelliği 7
2. 3. 2. 3. Ambalaj tipi 7
2. 3. 2. 4. İstif biçimi 8

2. 3. 2. 5. Hava hızı ve yöntemi 8
2. 4. Yarı Soğutma Süresi 8
2. 4. 1. Yarı soğutma süresinin hesaplanması 13
2. 5. Önsoğutma Yöntemleri 18
2. 5. 1. Normal soğuk hava 18
2. 5. 2. Yönlendirilmiş hava 19
2. 5. 3. Suyla önsoğutma 19
2. 5. 4. Kalıp buzla önsoğutma 20
2. 5. 5. Karlı buz ile önsoğutma 21
2. 5. 6. Vakumla önsoğutma 21
2. 5. 7. Gece derimi 22
2. 6. Ürünlere Özel Uygulanabilir Önsoğutma Yöntemleri 22
2. 7. Donma Süresinin Hesaplanması 23
2. 8. Et İçin Hızlı Soğutmanın Önemi 31
2. 9. Hava Dolaşımının Düzenlenmesi 34
2. 10. Teorik Bilgiler 35
2. 10. 1. Meyvelerin ısı alışverişi "ısı değişimi" 35
2. 10. 2. Soğutma işlemi ve üç aşaması 38
2. 10. 3. Rejim sıcaklığının ayarlanması prensibi 39
2. 10. 4. Soğutma temposu ve denklemleri 39
2. 10. 5. Soğumaya gelen meyvelerin muhafazası (soğuk hava depoları) 44
2. 10. 6. Soğuk muhafazanın temel problemi 44
2. 10. 7. Biyokimyasal değişimler 45
2. 10. 8. Fizikoşimik değişimler ve eylemleri 45
2. 10. 9. Bitkisel asıllı ürünlerin değişimi detayları 46
2. 10. 10. Bitkisel asıllı ürünlerde vitamin 47
2. 10. 11. Hayvansal asıllı ürünlerin değişimi ve aşamaları 52
2. 10. 12. Meyvelerin fizikoşimik değişimleri 56
2. 10. 13. Muhafazanın sürekliliği ile muhafaza rejimine bağımlılık 56

2. 10. 14. Nemin kurumasında oda boyutunun etkisi 57
2. 10. 15. Muhafaza rejimi.....58
2. 10. 16. Oda sıcaklığı ile soğutucu donatımın sıcaklık farkları.....60

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....64

4. MATERYAL VE METOT.....70
4. 1. Deneyin Tesisinin Yapılışı.....70
4. 2. Deneyin Yapılışı.....71

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....124

KAYNAKLAR.....125
ÖZGEÇMİŞ.....127

SOĞUTMA ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN SOĞUTMA ORTAMINDA FARKLI HAVA HIZLARI MEYDANA GETİRİLEREK MEYVALARIN İÇ SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Murat Ahmet ÖKMEN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 1999

ÖZET

Üretilen meyvaların bozulmadan saklanması için belirli sıcaklık şartlarında muhafaza edilmesi gerekir.

Yapılan çalışmada, imal edilen soğuk kabin içerisinde farklı fan hızları ve soğutma kademelerinde çeşitli meyvaların (Greyfurt, Portakal ve elma) meyva yüzeyinden (kabuktan) merkeze olan ısı dağılımı deneysel metot kullanılarak incelenmiş deney sonuçları tablolarla gösterilmiş ve bunlara bağlı olarak grafikler çizilerek fan hızları ile oluşan sıcaklık dağılımları incelenmiştir.

Bilim Kodu : 255.08.00

Anahtar Kelimeler : Soğutma, Cebri soğutma, meyva soğutulması

Sayfa Adedi : 127

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN

AN EXPERİMENTAL EXAMİNATİON OF THE İNNERHEAT CHANGES OF THE FRUİT İN DİFFERENT AİR VELOCİTY TO İNCREASE THE COOLİNG EFFECTİVENESS.
(M. Sc. Thesis)

Murat Ahmet ÖKMEN

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

January 1999

ABSTRACT

To keep the fruits uncorrupteel, they must be kept in defined temparature heat conditions.

In this study a cold cabin, which was made for this experiment, the heat dispersion of some fruits (grape fruit, orange and apple) from the surface of them (peel) into the centre an experimental method has been examined in different fan velocities and cool levels. and the experiment results have been displayed in the tables. According to these results some diagrams have been drawn and the heat dispersions which were accurred by various fan velocities have been examined.

Science Code: 255.08.00

Key Woreli : Cooling, Forced Cooling, Fruit Cooling

Page Number: 127

Thesis Advisor: Assistant Professor Kurtuluş BORAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN, yine kıymetli tecrübeleri ve manevi destekleriyle beni destekleyen ailem, Çankırı Meslek Yüksekokul Müdürüm Prof. Dr. Sabahattin BALCI ve yardımı geçen tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa No**

Çizelge 2.1. Paletin yapısına göre yarı soğutma süresinin değişimi 11
Çizelge 2.2. Değişik önsoğutma yöntemlerinde yarı soğutma süresi..... 12
Çizelge 2.3. Önsoğutma yöntemleri ve özellikleri 23
Çizelge 2.4. Bazı gıdaların taze ve donma sırasındaki yoğunlukları (kg/m^3)..25
Çizelge 2.5. 140 kg ağırlığındaki sıcak sığır yarım gövdesinin but eti merkez sıcaklığının + 7^0C'ye düşme süresi 33
Çizelge 2.6. 140 kg. ağırlığındaki sıcak sığır yarım gövdesinin kontrfile kısmı merkez sıcaklığının +10^0C'ye düşme süresi..... 33
Çizelge 2.7. Soğutma temposu denkleminin A, B, C, D katsayıları. 42
Çizelge 2.8. Çeşitli meyve ve sebzelerin solunumlarındaki şeker harcamalarında kullandıkları şeker. 49
Çizelge 2.9. 1000 kg. 24 saat olarak soğuk depolamada, çeşitli sebze ve meyvelerin ısı verimi. 50
Çizelge 2.10. Elmalardan nem ve dokular arasındaki yoğuşkanın, hava sıcaklığına ve neme bağıl karakteristiği. 51
Çizelge 2.11. Sıcaklık farkına göre, soğutucu donatımın tiplerine göre norm tablosu..... 61
Çizelge 4.1.Birinci kademede tabii evaporatörlü sistemin meyvelere göre sıcaklık dağılımı 110
Çizelge 4.2.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 1.Hıza göre sıcaklık dağılımı 110
Çizelge 4.3.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 2.Hıza göre sıcaklık dağılımı 111
Çizelge 4.4.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 3.Hıza göre sıcaklık dağılımı 112

Çizelge 4.5.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 4.Hıza göre sıcaklık dağılımı 111
Çizelge 4.6.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 5.Hıza göre sıcaklık dağılımı 112
Çizelge 4.7.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 6.Hıza göre sıcaklık dağılımı 113
Çizelge 4.8.İkinci kademede tabii evaporatörlü sistemin meyvelere göre sıcaklık dağılımı 113
Çizelge 4.9. İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 1.Hıza göre sıcaklık dağılımı 114
Çizelge 4.10. İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 2.Hıza göre sıcaklık dağılımı 114
Çizelge 4.11.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 3.Hıza göre sıcaklık dağılımı 115
Çizelge 4.12. İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 4.Hıza göre sıcaklık dağılımı 115
Çizelge 4.13. İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 5.Hıza göre sıcaklık dağılımı 116
Çizelge 4.14. İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 6.Hıza göre sıcaklık dağılımı 116
Çizelge 4.15.Üçüncü kademede tabii evaporatörlü sistemin meyvelere göre sıcaklık dağılımı 117
Çizelge 4.16. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 1.Hıza göre sıcaklık dağılımı 117
Çizelge 4.17. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 2.Hıza göre sıcaklık dağılımı 118
Çizelge 4.18. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 3.Hıza göre sıcaklık dağılımı 118

Çizelge 4.19. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 4.Hıza göre sıcaklık dağılımı 119
Çizelge 4.20. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 5.Hıza göre sıcaklık dağılımı 119
Çizelge 4.21. Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 6.Hıza göre sıcaklık dağılımı 120
Çizelge 4.22.Dördüncü kademede tabii evaporatörlü sistemin meyvelere göre sıcaklık dağılımı 120
Çizelge 4.23. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 1.Hıza göre sıcaklık dağılımı 121
Çizelge 4.24. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 2.Hıza göre sıcaklık dağılımı 121
Çizelge 4.25. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 3.Hıza göre sıcaklık dağılımı 122
Çizelge 4.26. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 4.Hıza göre sıcaklık dağılımı 122
Çizelge 4.27. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 5.Hıza göre sıcaklık dağılımı 123
Çizelge 4.28. Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 6.Hıza göre sıcaklık dağılımı 124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa No**

Şekil 2.1 . Yarı Soğutma Süresi 15
Şekil 2.2. Boyutsuz Biot ve Fourier Sayıları çizgesi. 18
Şekil 2.3. Dondurma işleminde ısı transfer mekanizması 24
Şekil 2.4. Yassı biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık farkı ..36
Şekil 2.5. Düz yaprak biçimli ürünün düzeysel yüzeyindeki bağıl termik fazlarını belirten nomogram 36
Şekil 2.6. Silindirik biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık değeri 37
Şekil 2.7. Küresel biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık değeri 37
Şekil 2.8. Donmuş etlerin sıcaklık ve muhafaza süreleri ile bağlantılı olarak ağırlık kaybı "kuruma %" si 56
Şekil 2.9. Donmuş etin kuruması 57
Şekil 4.1. Deney Tesisi 70
Şekil 4.2.Deney tesisindeki ölçüm noktaları 72
Şekil 4.3. Sıcaklık Ölçümleri 73
Şekil 4.4. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un merkezdeki sıcaklık dağılımı 74
Şekil 4.5. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı 75
Şekil 4.6. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı 76
Şekil 4.7. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın merkez sıcaklık dağılımı 77

Şekil 4.8. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı 78
Şekil 4.9. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı 79
Şekil 4.10. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı.....80
Şekil 4.11. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı 81
Şekil 4.12. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı.....82
Şekil 4.13. İkinci kademede yapılan deneyde Greyfurtun merkez sıcaklık dağılımı.....83
Şekil 4.14. İkinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı 84
Şekil 4.15. İkinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı.....85
Şekil 4.16. İkinci kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı.....86
Şekil 4.17. İkinci kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı.....87
Şekil 4.18. İkinci kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı.....88
Şekil 4.19. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı.....89
Şekil 4.20. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı 90
Şekil 4.21. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı.....91

Şekil 4.22. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un merkez sıcaklık dağılımı.....92
Şekil 4.23. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı 93
Şekil 4.24. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı.....94
Şekil 4.25. Üçüncü kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı.....95
Şekil 4.26. Üçüncü kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı.....96
Şekil 4.27. Üçüncü kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı.....97
Şekil 4.28. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı.....98
Şekil 4.29. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı.....99
Şekil 4.30. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı 100
Şekil 4.31. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un merkez sıcaklık dağılımı.....101
Şekil 4.32. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı.....102
Şekil 4.33. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı 103
Şekil 4.34. Dördüncü kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı.....104
Şekil 4.35. Dördüncü kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı.....105

Şekil 4.36. Dördüncü kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı 106
Şekil 4.37. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı 107
Şekil 4.38. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı 108
Şekil 4.39. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı 109

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış, fakat tez metni içerisinde açıklanmamış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
α	Isı transfer katsayısı (W/m^2K)
λ	Ürünün ısı iletkenlik katsayısı (W/m_0K)
Δg	Ürünün kuruma yüzdesi
λ_w	Suyun ısı iletkenlik katsayısı (W/m^0K)
a	Suyun ısısal yayınım katsayısı (m^2/s)
D	Meyve veya sebzenin çapı (m)
N	Hava dolaşım sayısıdır
Q	Fan-vantilatör-hava debisi (m^3/h)
t	Soğutma süresi (h)
T_{10}	Kabin iç sıcaklığı
T_2	Meyvenin merkez ile kabuk arasındaki sıcaklığı
T_3	Meyvenin tam kabuk altındaki sıcaklığı
T_1	Meyvenin merkez sıcaklığı
V	Soğutma odası hacmi (m^3)
x	Birim uzunluk (m)
υ	Suyun kinematik viskozitesi (m^2/s)

1. GİRİŞ

Üretilen meyve ve sebzelerin istenilen kalitelerini korumak için bunları uygun şartlarda saklamak gerekir. Bu şartların sağlanamaması durumunda fizyolojik ve biyolojik bozulmalara uğrarlar.

Bunları sağlarken ürünlerin en kısa süre içinde bahçe ısılarının alınarak depolama koşullarına getirilmeleri gereklidir.

Soğutmanın başarılı olması için, ürünün özelliği, ilk ve son sıcaklıkları, bitkisel aslı ve soğutma hızının bilinmesi gereklidir.

Meyveler soğuk hava ile soğutulurken, yüzeylerindeki nem buharlaşır. Bu esnada, ürünün içerisinde bulunan ısı "sıcaklık kaynağının" yavaş yavaş azalması ile soğuma oluşmaktadır. Bu soğumanın belirli bir zaman içerisinde gerçekleşmesi için hava hareketi kontrol edilmelidir.

Karışık ısı işlemleri ve soğutma ile kütlenin, ısı alışverişlerinin nasıl olduğunu, hızın bunları nasıl etkilediği ayrı ayrı "ısı aktarma işlemi yapılmaktadır.

"Isı aktarma, soğutma hızı işlemi" işlemin, farklı ısı fiziği düzenlerindeki oluşumları, tüm bağlantıları ile birlikte, karmaşık kurallarına uygun olarak açıklanır.

Soğutma işlemi ve hızını incelerken, aktarılan ısı çevreyle ısı alışverişinde, sürekli sıcaklık şartları maddenin yüzeyine taşınan "ısı katsayısı" ile açıklanır.

Bu çalışmada çeşitli meyvaların, çeşitli soğutma kademelerinde bünyelerindeki sıcaklık değişimleri deneysel olarak gözlendi.

2. TEORİK BİLGİLER

2. 1. Giriş

Tarımda büyük avantajları oluşturan ekolojik faktörleri arkasına almış bir ülkenin bu konuda çalışan araştırıcılarına da düşen belki de bu büyük görev teknolojik gelişmeleri bu sektörde hızla uygulamaya geçirmesi ve soğutma tekniğinin içerisinde ve başında yer alan "önsoğutma" veya başka bir anlamda hızlı soğutma uygulamalarının taze bahçe ürünlerinde kullanılmasını sağlamak gerekmektedir.

2. 2. Önsoğutmanın Önemi

Tarım alanlarından gündüz koşullarında toplanan meyve ve sebzelerin bünyelerinde sahip oldukları ısının, soğutuculu araçlara yüklemeden veya soğuk depolara istif edilmeden önce, hava, su, buz ve düşük basınç yardımıyla bir soğuk ortam yaratılarak taşıma veya depolama sıcaklığına kadar normalden daha hızlı bir şekilde düşürülmesi işlemidir.

Bilindiği gibi önsoğutma, soğutmanın ilk aşamasıdır. Yani soğutma önsoğutma ile başlar. Ancak soğutmanın bir önsoğutma olabilmesi için yöntemin iyi seçilmesi yanında, soğutma gücünün ve hızının da yüksek olması gerekir.

2. 2. 1. Ürünlerin Soğutulması

Önsoğutma işlemi temel olarak toplamadan hemen sonra ürünlere göre değişmekle birlikte en geç 24 saatlik bir süre içerisinde tamamlanmalıdır. Hatta incir, kiraz, üzüm, ıspanak, marul gibi bazı ürünlerde bu işlem daha kısa süre içerisinde bitirilmelidir. Aksi halde ürün ile depolama ortamı arasında sıcaklık farkı nedeniyle önemli bir buhar basınç farkı oluşacak ve üründe ilk

aşamada kaliteyi etkileyen sap kuruması, pörsüme, solma, tanelenme gibi olumsuzluklar yaşanacaktır. Ayrıca, araç ve deponun soğutma kapasitesini zorlayacak ve belki de istenmeyen arızalara neden olacaktır.

Sonuç olarak toplama işlemi yapılan ürünün kısa zamanda belirlenen düzeye kadar sıcaklığının düşürülmesi kaliteyi korumak ve derim sonrası kayıpları azaltmak bakımından önemlidir. Özellikle kolay bozulabilir ürünlerde, önsoğutma çok daha fazla önem arz etmektedir. Örneğin kuşkonmaz, yeşil bezelye, mantar, bamya hızla soğutulmadıkları taktirde yüksek solunum ısıları ürünleri kızışmaya ve sonuçta istenmeyen kayıplara sürükler.

2. 2. 2. Ürünlerin belirli hızda soğutulması

Taze meyveler ve özellikle yapraklı sebzeler, ekonomik olması koşulu ile olabildiğince hızla soğutulmalıdır. Fakat bir iki ürün çeşidinde hızla soğutma bazı sakıncalar yaratmaktadır. Örneğin, Jonathan almasında olduğu gibi kabuk yanıklığına neden olunabilmektedir. Ama diğer yandan da ürünlerin büyük bir kısmına sayısız yarar sağlamaktadır. Özellikle çok taze ürünlerde yavaş soğutmada önemli bozulmalar gözlenir. Örneğin tatlı mısır 24 saat normal koşullarda bırakılırsa bünyesindeki şekerlerin %60'ı nişastaya dönüşmektedir. Hızlı soğutma şeker kaybını önemli ölçüde azaltmakta, ayrıca, nem kaybını düşürmekte ve kıvırcık marul, ıspanak, mantar gibi duyarlı sebzelerde aşırı kalite kaybını önlemektedir.

2. 3. Önsoğutma Yöntemleri

Bu bölümde kendi bilgilerimize göre sınıflandırdığımız 7 farklı önsoğutma yöntemi hakkında bilgi verilecektir. Birbirinden özellikle ürünlere uygulanan işlemler bakımından ayrıcalık gösteren bu yöntemler herhangi bir ürüne

uygulanırken ürünün fiziksel ve biokimyasal yapısı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi halde beklenen yarar, zarara dönüşür.

2. 3. 1. Ön soğutma yöntemlerinin seçilmesi

Herhangi bir ürüne uygulanacak önsoğutma yönteminin seçiminde göz önüne alınacak etkenler şöyle sıralanabilir.

2. 3. 1. 1. Ürünün ısı transfer yeteneği

Homojen yapılı ve bünyesinde su kapsamı yüksek ürünlerde kondüksiyonla ısı transferi hızlıdır. Bu nedenle su oranı yüksek meyvelerde su ile soğutma iyi sonuç verir. Ama sıkı ambalaj gerektiren veya bünyesinde hava boşlukları bulunduran ürünlerde ise ısı iletimi güçlükle gerçekleşir ve bu gibi durumlarda vakumla soğutma daha uygundur.

2. 3. 1. 2. Ürünün yüzey/hacim oranı ve yüzey özellikleri

Genel olarak hacmine göre yüzeyi daha geniş olan ürünler hemen her soğutma yöntemiyle kolayca soğurlar. Ancak, çilek üzüm gibi meyveler suyla uzun süreli temas edince kolayca bozulurlar. Bu nedenle yüzey/hacim oranı yüksek olan her ürüne bazı ön soğutma yöntemlerinin uygulanması fayda yerine zarar verebilir.

2. 3. 1. 3. Ürünün Bozulabilirlik derecesi ve soğuma gereksinimi

İncir, çilek, ahududu, mantar, kuşkonmaz, bezelye gibi çabuk bozulabilir ürünlerde hızlı ve etkin bir önsoğutma uygulanmalıdır. En hızlı yöntemlerin başında vakum ve su ile önsoğutma gelir. Nitekim su ile soğutma hava ile soğutmaya göre 4-20 kat daha etkindir. Çünkü suyun ısı transfer kapasitesi yüksektir. Ancak yukarıda sayılan duyarı ürünlere bu iki yöntemden hiçbirisi

uygulanamaz. Bu ürünlerin yapısı bu tür soğutmalara uygun değildir. Ancak su ile soğutmaya kiraz, armut, vakum ile soğutmaya ise göbekli marul, brüksel lahanası iyi cevap verir.

2. 3. 1. 4. Soğutma sisteminin maliyeti, işletme masrafları ve kullanma süresi

Yöntemler içerisinde sıra ekonomikliğe gelince birinci sırayı hava almaktadır. Hava ile önsoğutma diğer yöntemlerden hem daha ekonomik ve hem de daha kolay ve güvenlidir. Ürünlerde enfeksiyon riski yaratmaz, kullanım amaçları çok yönlüdür. Halbuki vakumla soğutma pahalı, kullanım süresi kısa ve limit ürünler için kullanılır.

2. 3. 1. 5. Ürünün su kaybı üzerine etkisi

Ürünün kalitesini olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden birisi bünyesinden su kaybetmesidir. Eğer bu kayıp %5'in üzerinde ise üründe gözle görülür önemli solma ve kalite kayıpları olmuş demektir ki bu da derhal ürün satış fiyatına yansır.

Soğutma yöntemleri içerisinde en fazla su kaybına neden olan yöntem eğer önlem alınmazsa vakum ve arkasından hava ile önsoğutma gelir. Her iki yöntemde de su kaybına uygun taze ürünlerde uygulama yapılırken mutlaka yüksek nem gibi, ürün streçleme gibi önlemler alınmalıdır.

2. 3. 2. Önsoğutmada Soğuma Hızını Belirleyen Parametreler

Önsoğutmada etkin ve hızlı bir soğutma sağlanabilmesi bazı parametrelere bağlıdır. Bunlar da sırasıyla:

2. 3. 2. 1. Ürün ile soğutma ortamı arasındaki fark

Ürün ile soğutucu ortam arasındaki fark arttıkça (Δt) soğutma hızlanır. Nitekim ürünün soğuma eğrisi başlangıçta hızla ve dik olarak düşer ve giderek azalma eğilimi gösterir. Ancak bu gibi durumlarda üşüme ve donma sıcaklıklarının altına düşülmemeli ve ayrıca su kaybı artacağından mutlak önlem alınmalıdır.

2. 3. 2. 2. Ürünün şekil ve iriliği ile yüzey özelliği

Isı kaybı yüzeyden olduğundan geniş yüzeyli ürünlerde soğuma daha hızlı olur. Hacmine göre yüzeyi geniş ürünler ısının kondüksiyon ile alacağı yol daha kısa olduğundan daha kısa zamanda ısı kaybederler. Yani yüzey/hacim oranı küçük olan iri meyveler, bu oranın büyük olduğu küçük meyvelere oranla daha geç soğurlar. Örneğin, yarıçapı 1 cm olan bir meyve 2 saatte belirli bir sıcaklığa düşürülürse yarı çapı 2 cm olan meyve aynı yolu 4 saatte katedebilir.

2. 3. 2. 3. Ambalaj tipi

Ambalaj, kendi işlevsel görevleri yanında ürünün ısısının alınmasında engelleyici bir faktör olarak karşımıza çıkar. Ürün ile soğutucu ortam arasındaki ısı alışverişini sınırlandırır. Ambalajın ısı akışını etkilemesi, ambalaj malzemesinin ısı iletkenliğine, tipine, delik hacmi ve ayak yüksekliğine bağlıdır. Bu perspektiften bakıldığında tahta ambalaj, karton ambalaja, plastik ambalaj da tahta ambalaja göre daha avantajlı gözükmektedir.

2. 3. 2. 4. İstif biçimi

Soğutucu ortamın etkinliği, soğutkanın ürüne kolay veya zor ulaşmasına bağlıdır. Ambalaj ve istif düzeni bunu etkiler. Özellikle mukavva kutuların birbiri üzerine tam oturması hava girişini olumsuz etkiler ve soğuma zamanını uzatır.

2. 3. 2. 5. Hava hızı ve yöntemi

Hava hızı her ürüne göre ayrı ayrı düzenlenmelidir. Örneğin, bir üzüm ile bir elma deposunda hava hızı aynı olmamalıdır. Ancak hızın mutlaka bir limiti de olmalıdır.

Ayrıca odaya verilen soğuk havanın tam bir dolaşım ile ürünün ısısını alarak soğutucuya getirmelidir. Soğuk hava oda içerisindeki her istifteki kasalara ulaşmalı ve tekrar geriye dönmelidir. Aksi durumda yani istifin içinde havanın ulaşmadığı bölgeler geç soğur, bazen yüksek ısı cepleri oluşturarak ürünlerin erken yaşlanmasına neden olurlar. Havanın en az direnç gösteren kanala akacağı hesabıyla oda içerisinde istif düzeninin bilinçli bir şekilde yapılması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bazı tesislerde kanal sistemleri hava yönlendiricileri ve evaporatör tipleri üzerinde yapılan modifikasyonlar ile daha iyi bir hava dağıtımı ve sonuçta daha etkin bir soğutma amaçlanmaktadır.

2. 4. Yarı Soğutma Süresi

Önsoğutma sistemlerinde toplam ısı yükü üründen, çevreden, konteynerden ve hava infiltrasyonundan, lambalar, fanlar ve pompalar gibi ısı üreten kısımlardan meydana gelir. Bir önsoğutma sisteminde ısı yükünün büyük bir kısmı ürünün ısı yüküdür. Ürünün ısı yükü ürünün sıcaklığına ve soğutma hızına, verilen sürede soğutulan ürünün miktarına ve ürünün özgül ısısına

bağlıdır. Solunumdan gelen ısı ürünün ısı yükünün bir parçasıdır; fakat yalnızca tam bir önsoğutmadan söz edebilmek için gerekli soğutma süresi birkaç saat aşıldığında; ürün sıcaklığının tam olarak saptanması ısı yükü hesaplarının kesin yapılmasında temel teşkil eder. Çünkü önsoğutma koşulları ile ürün arasındaki bağıntı konveksiyon ve kondüksiyonla ısı transferini içerir. Önsoğutma sırasında ürünün içinde bir sıcaklık farkı vardır. Bu sıcaklık farkı ürün özelliklerinin, yüzeydeki ısı transferi parametrelerinin ve soğutma süresinin bir fonksiyonudur. Örneğin su ile önsoğutmanın başlangıç evresinde, ısı ürünün dış kısımlarından hızla uzaklaştırılır. Merkez sıcaklığı henüz hemen hiç değişmediği halde yüzeydeki sıcaklık hızla değişir. Bu nedenle ürün kütlesinin sıcaklık ortalaması ısı yükü hesaplanmasında kullanılmalıdır. Ürünün ortalama kütle sıcaklığı adyabatik koşullar altında bir süre tutulduğunda uniform ürün sıcaklığı haline gelen geçici sıcaklık dağılımından elde edilen tek değerdir.

Burada en büyük faktör şüphesiz ürünün soğutulması için gerekli olan enerji miktarıdır. Bu enerji miktarı hesabını önsoğutma ve depolama için ayrı tutmakta yarar vardır. Ancak bu şekilde soğutma sisteminin seçimi doğru, ekonomik ve ağırlık kayıpları az olacak şekilde ürünler depolama sıcaklığına kadar önsoğutulmaktadır. Önsoğutma sonrası soğuk depolamada ekonomik olmakta ve ürünler optimum bir şekilde kalite kayıplarına uğramadan depolanmaktadır.

Tarım ürünlerinin soğuk depolanmasında gerekli buharlaştırıcı seçimi hesaplanan enerji, çalışma süresi, defrost yöntemi gözönüne alınarak yapılmalıdır.

Ürünün donma noktası soğuk hava deposuna girebilecek olan en düşük sıcaklığını belirlemektedir. Normal soğutma sisteminde hızlı soğutma ancak buharlaştırıcı sıcaklığının düşürülmesi ve hava hızının artırılması ile elde

edilebilmektedir. Fakat her iki durumda da gereğinden fazla nem kaybı söz konusu olacaktır.

Hava Hızı Süresi (m/s)	Yarı Soğuma (dakika)
0.1	250
0.2	170
0.4	90
0.6	66
1.2	53
2.3	45
5.3	31

Hava hızının ve palet içinden hava geçiş boşluklarının artmasıyla yarkı soğutma süresi kısalmaktadır.

Önsoğutma süresinin belirlenmesinde yarı soğutma süresinin pratik önemi bulunmaktadır. "Yarı soğuma süresi", bir soğutma işleminde soğutucu madde ile gıda maddesinin başlangıç sıcaklıkları farkının yarıya indirilmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Bir soğutma operasyonunun etkinliği yarı soğutma süresi ile ifade edilir. Yarı soğutma süresi ürün ve soğutucu madde sıcaklığı ile hava hızı ve paketlerdeki hava geçme boşluklarının alanına ve ürünün özelliklerine bağlıdır. Gerçek soğutma süresi yarı soğuma süresinin hava hızının fonksiyonudur. Hava geçme boşlukları %8 olan domates, karton

kutularından oluşmuş bir palette yarı soğuma süresi ile hava hızı arasındaki ilişki Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Paletin yapısına göre yarı soğutma süresinin değişimi

Palet yükü içinden Hava geçiş boşlukları (%)	Yarı soğutma süresi (Saat)
5	2
8	1
10	¾

Çizelge 2.1.'de değişik önsoğutma yöntemlerinde çeşit, ürün ve paketleme şekillerine göre ayrı soğuma süreleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Değişik önsoğutma yöntemlerinde yarı soğutma süresi

Ön Soğutma Yöntemi	Ürün ve Paketleme Şekli	Yarı Soğutma Süresi
Soğuk Hava Deposu Odası	Elma-Armut Kasada	10 – 30 Saat
	Elma-Armut Pakette	40-100 saat
	Elma-Armut Dökme	20-30 Saat
Tunelli Soğutucu (hava hızı 3-5 m/s)	Elma Kasada	7-15 Saat
	Vişne Tepside	1 Saat
Hava basınçlı soğutma	Armut Delikli Karton	5 Saat
2,3-3 mm Su Sütunu	Şeftali Tepside	1 Saat
Suyla Soğutma (Hydrocooling)	Şeftali daldırılmış	14-15 dakika
	Şeftali Püskürtme	6-7 dakika
	Kavun (13 cm) daldırma	20 dakika
	Kereviz Kuşkonmaz daldırma	3-5 dakika
	Domates	10 dakika
	Patates	11 dakika
	Lahana	80 dakika
Vakum-Soğutma	Marul	3-4 dakika
	Kereviz	12 dakika
	Mantar	6-8 dakika

2. 4. 1. Yarı soğutma süresinin hesaplanması

Isıtma veya soğutmada özellikle küçük boyutlu ürünlerde sıcaklık tek düze olarak kabul edilir. Isıtmada gıdaya, soğutmada gıda maddesinden ısı sırayla verilir veya uzaklaştırılır.

Isıtma için $m.C \quad \frac{-dT}{dt} = \alpha \ . F \ (Ta \ - \ T \ )$

Soğutma $m \ . c \ \frac{dT}{dt} = - \alpha \ . F \ (T \ - \ Ta \ )$

Burada da görüldüğü gibi ısıtma ve soğutma aynı eşitlikle tanımlanabilmektedir. Yalnız işlemlerin yönleri farklıdır.

Soğutma eşitliğinin her iki yanı integre edilirse,

$$\frac{dT}{T - T_a} = -\frac{\alpha.F}{m.C}.dt \qquad (2.1)$$

$$In(T - T_a) + C_1 = -\frac{\alpha.F}{m.c}.t + C_2 \qquad (2.2)$$

$$In(T - T_a) = -\frac{\alpha.F}{m.C}.t - (C_2 - C_1)C = C_2 - C_1 \qquad (2.3)$$

Bu eşitlikteki integrasyon sabiti C, başlangıç koşulları esas alınarak bulunur. Başlangıç koşullarında gıda içerisinde aynı sıcaklığın olması nedeniyle:

$t = 0\ T = T_0$

Bu değerler yukarıdaki eşitlikte göz önüne alınırsa;

$$\ln (T_0 - T_a) = C \qquad (2.4)$$

Elde edilen integrasyon sabiti C yerine konarak,

$$In\,(T - T_a) = Fm\,.C - t - In\,(T_o - T_a)$$

$$In\,\frac{(T - T_a)}{(T - T_a)} = -\frac{\alpha\,..F}{m\,.C}.t$$

Buradan;

$$Q = \frac{T\,.T_a}{T_o\,.T_a} = \exp\left(\frac{\alpha\,.F}{m\,.C}t\right) \qquad (2.5)$$

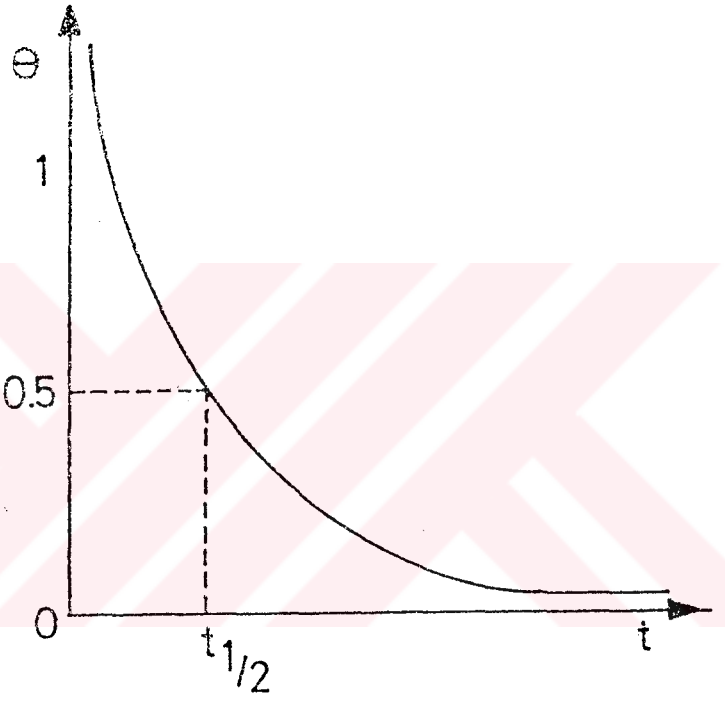
Q = Boyutsuz sıcaklık farkı

Bu eşitlikten daha kullanışlı olan yarı soğuma süresi $t_{0,5}$

$$Q = 0\,,5 \qquad (2.6)$$

$$t_{0\,,5} = \frac{0\,,7\,.m\,.C}{\alpha\,.F}$$

Yarı soğuma süresi, bir soğutma işleminde soğutucu madde ile gıda maddesinin başlangıç sıcaklıkları farkının yarı yarıya indirilmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1'de bu durum daha belirgin olarak görülmektedir.



Şekil 2.1. Yarı Soğutma Süresi

(5) No'lu eşitlik şu şekilde de yazılabilir;

$$In\ \theta\ :\ -\ \frac{\alpha\ .F}{m\ .c}.t$$

$t = t_{1/2}$ böylece Q= 0,5

In 0,5 = In 1/2 = In 1 - In 2 = -In 1 = 0

Buradan;

$$-\ In\ 2 = -\frac{\alpha\ ..\ F}{m\ .C} t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{m\ .C}{\alpha\ ..\ F}\ In\ 2$$

Burada da görüldüğü gibi yarı soğuma süresi gıdanın kütlesi (m), spesifik ısısı (C) ile yüzey alanı (F) ve ısı geçişinde belirleyici etken olan ısı transfer katsayısına (α) göre değişmesi söz konusudur. (8) no'lu eşitlikten:

$$\frac{\alpha\ ..F}{m.C} = \frac{In2}{t_{1/2}}$$

Bu eşitlik (5) no'lu eşitlikte yerine konulduğunda;

$$Q = e - In2\ \frac{t}{t_{1/2}}$$

Yarı soğuma süresinde esas olarak aşağıdaki etkenler önem taşımaktadır:

- Ürünün büyüklüğü
- Paketleme ve istifleme şekli
- Soğutucu ile gıda arasındaki sıcaklık farkı

- Soğutkan maddenin hızı

- Soğutkan maddenin cinsi (hava, sıvı)

Yarı soğuma süresi başlangıç sıcaklığına bağlı değildir ve tüm soğutma sürecinde sabittir.

Su ile soğutmada yarı soğuma süresinin saptanmasında kullanılacak olan ısı transfer katsayısı şu emprik formülle hesaplanabilir:

$Nu = 2.0 + 1.3\ Pr^{0.15} + 0.66\ Re^{0.5}\ .\ Pr$

$Nu = \alpha\ .\ D / \lambda\ W$; $Pr = \upsilon/a$ (su); $Re = v.D / \upsilon$

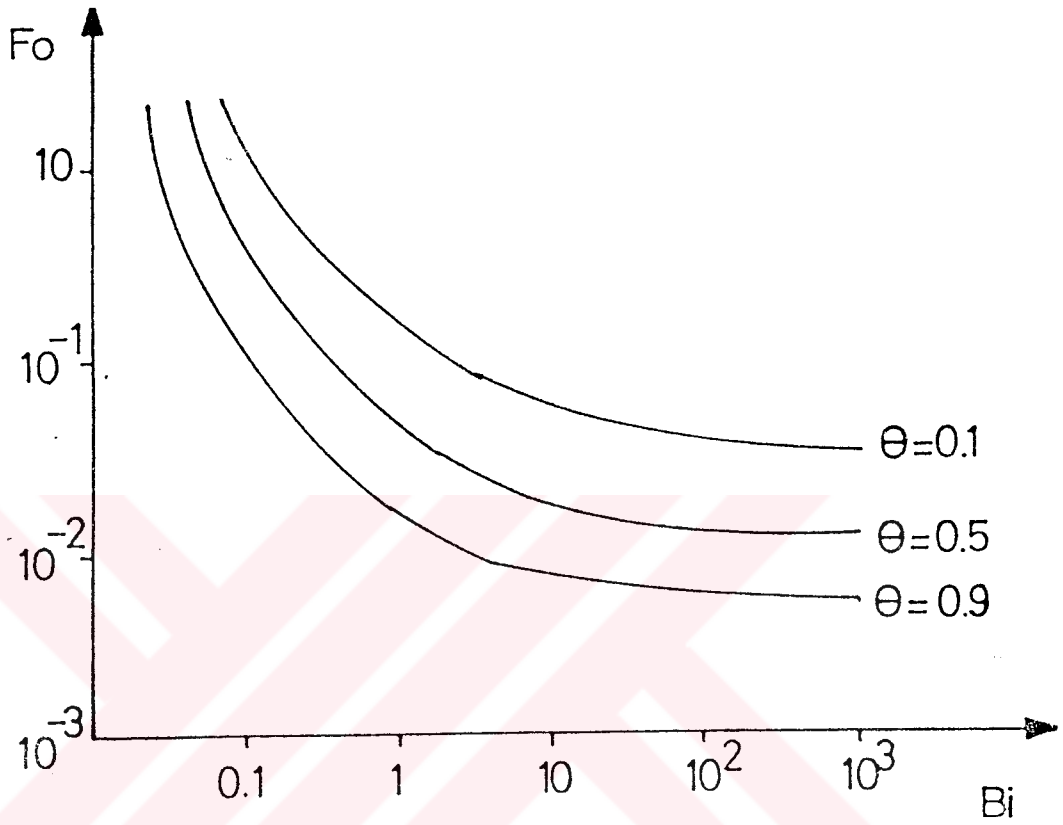
D: Meyve veya sebzenin çapı (m)

λ_w: Suyun ısı iletkenlik katsayısı (W/m^0K)

υ: Suyun kinematik viskozitesi (m^2/s)

a: Suyun ısısal yayınım katsayısı (m^2/s)

Boyutsuz Biot (α-x/λp), Fourier ($a.t/x^2$) sayılarının bulunması ile şekil 2.2'de verilmiş olan eğriler yardımıyla gerekli soğuma süresi veya belli bir süre sonra ürünün hangi sıcaklığa düştüğü kolayca saptanabilir.



Şekil 2.2. Boyutsuz Biot ve Fourier Sayıları çizgesi

2. 5. Önsoğutma Yöntemleri

2. 5. 1. Normal soğuk hava

Bu sistemde üründen akan ısıyı soğukluk kaynağına yaşayan araç havadır. Soğutucudan koşullanmış olarak çıkıp ürün üzerine gelen hava ürünün ısısını alıp ısınır ve tekrar soğukluk kaynağı olan evaporatöre döner. Bu yöntemde soğutucu aygıttan düşük ısıyı taşıyan havanın diğer yöntemlerden çeşitli üstünlükleri vardır. Örneğin, istenilen yere kolay hareket ettirilebilir. Ancak havanın alçak yoğunluk ve düşük özgül ısısı nedeniyle bu yöntemdeki

soğutma gücü diğer yöntemlerden daha düşüktür. Bu nedenle de soğutma kapasitesi ve hava hızı yüksek ekipmanlar kullanılır.

Sonuçta hava ile önsoğutma en yaygın ve kolay uygulanabilir bir önsoğutma yöntemi olarak kabul edilebilir.

2. 5. 2. Yönlendirilmiş hava

Ortamda basınç farkı yaratılarak koşullandırılmış havanın ambalaj içerisindeki ürünlerin yüzeyi ile teması sağlanarak hızlı bir soğutma gerçekleştirilir. İçerisindeki ürünlerin yüzey ile teması sağlanarak hızlı bir soğutma gerçekleştirilir. Böyle bir işlemde ancak yönlendirilmiş ve aynı zamanda basınç farkı oluşturulmuş bir ortamda yapılabilir. Bu tür önsoğutma yöntemleri için özel odalar veya özel istifler arası plastik örtüler (branda kullanılmaktadır. Ürünler üzerinden hızlı ve soğuk hava geçirilmesi soğuma süresini kısaltmakta ancak ürünlerin bünvesinden fazla su kaybına neden olmaktadır. Örneğin, 0.1 m/sn hava hızı 250 dk yarı soğuma süresine ulaşmakta iken 0.4 m/sn'de 90 dk'ya düşebilmektedir. Ancak su kaybı da 2 katına ulaşmaktadır.

2. 5. 3. Suyla önsoğutma

Bu sistemde soğutma ortamı sudur. Su ürün bünyesinde bulunan ısıyı alır ve aşağıdaki depoda temas halinde bulunan serpantinlere bırakır. Serpantinlerde buharlaşan soğutucu akışkan vasıtasıyla da makine dairesine taşınır. Ürünlerin soğuk su ile temasları üç şekilde sağlanır.

- Soğuk suyun ambalaj içindeki ürünler üzerine akıtılması
- Soğuk suyun üst ve yanlardan ürün üzerine püskürtülmesi
- Ürünün soğuk su dolu tanka boşaltılması ve daldırılması

İlk iki sistemde ürün bir yürüyen bant veya konveyor yardımıyla soğutma tüneline girer. Kasalar tek sıra veya paletli bir şekilde tünelde ilerlerken üst, yan veya her iki pozisyondan ürün üzerine soğuk su püskürtülerek kondüksiyon yoluyla ürün ısısı suya geçirilerek kendisinin soğuması sağlanır. Tünelde yaklaşık 15 – 20 dk gibi bir zaman içerisinde ürünün ön soğutması yapılmış ve gerçek depoya veya pazara taşınmaya hazır hale gelmiş olmaktadır.

Su ile soğutmada mikroorganizma enfeksiyonu tehlikesi fazladır. Bunu önlemek için suyu temiz tutmak, Klor, SOPP veya Benomil ile ilaçlamak gerekir. Ayrıca ürün üzerindeki suda en kısa yoldan süzdürülmeli ve ürünün kuruması sağlanmalıdır. Sistemde püskürtülen suyun debisi saniyede 8-10 l/m^2 civarında olmalıdır. 20 cm yükseklikten duşlanan şeftalilerde 3.3 l/m^2, 40 cm yükseklik için ise 6.6 l/m^2 su debisi hesaplanmalıdır.

Su ile soğutma sistemi mutlak ısı yalıtımlı olmalıdır. Düşük kapasiteli ve geçici olarak kullanılan tesislerde soğutkan olarak buz kullanılabilir. Ancak hızlı ve fazla ürün işleyen sistemlerde mutlak mekanik soğutma kullanılmalıdır.

Meyvelerden elma, armut, kiraz, şeftali, sebzelerden domates, pırasa, enginar ve karnabahar su ile önsoğutma yapılır. Bu sistemde karton ambalaj ve plastik veya tahta kasa içi kağıt sargı kullanmak uygun değildir.

2. 5. 4. Kalıp buzla önsoğutma

Bu yöntem daha çok demiryolu taşımacılığında kullanılmaktadır. Isı yalıtımlı vagonlarda özel yerlere konan buz kalıpları üzerinden hava sirkülasyonu sağlayarak vagon içi istenen koşullarda tutulabilmektedir. Bu yöntemde ara

istasyonlarda mutlaka buz takviyesi yapılmalıdır. 1 ton üründe sıcaklığı 30^0C'den 2^0C'ye düşürmek için yaklaşık 300 kg buz kullanılmalıdır.

2. 5. 5. Karlı buz ile önsoğutma

Özel kar üreten bir makine, paletle içerisine konan ambalajlı ürünler üzerine kar püskürterek, ürünlerin tarla sıcaklığı, yüksek nemde kontak yoluyla hızlı bir şekilde alınmakta ve daha sonra ürünler soğutmalı veya soğutmasız odalarda pazarlama zamanına kadar bekletilmektedir. Karlı buz uygulaması yaklaşık 15-20 dakika içerisinde gerçekleştirilmekte olup, karın ürün üzerindeki erimesi ortam ve ürün sıcaklığına bağlı olarak 24,36 saat kadar sürebilmektedir. Bu yöntemin riskli tarafı, karton ambalaj kullanıldığında mutlak su absorbsiyonu önlenmelidir. Yani materyal reçine katkılı olmalıdır. Ayrıca, 0^0C'de önsoğutma yapılabilecek ürünlere uygulanmalıdır. Örneğin, brokkoliye bu yöntem çok uygun gelmekle birlikte biber, domates gibi ürünlerde uygulanamaz.

2. 5. 6. Vakumla önsoğutma

Bahçe ürünlerinde serbest suyun çok düşük basınç altında buharlaştırılmasıyla, ürün ısısının alınarak soğumanın sağlandığı bir yöntemdir. Özellikle içerisinde hava boşluğu bulunan ürünlerde oldukça etkili bir soğutma yöntemidir.

Vakumla soğutmanın temel ilkesi, özellikle kütlesine oranla geniş yüzeye sahip olan sebzelerin üzerindeki suyun buharlaştırılmasına dayanmaktadır. Geniş yapraklı veya yapısında hava bulundurmayan ürünlere uygulanması söz konusu değildir. Iceberg marulu ve brokkolide iyi sonuç vermektedir (5, 6, 7).

Vakumla önsoğutma diğer yöntemlere göre daha pahalı ve karmaşık bir yöntem olarak görünmekte ve bilgili bir işgücü istemektedir. Ayrıca tüm

ürünlere uygulanamaması da diğer bir devzavantajıdır. Bazı kaynaklarda her 6^0C'lik düşüş için ürünlerin ağırlık kaybında %1 kayıp olabileceğine dikkat çekilmektedir. Ancak buna karşın çok hızlı bir önsoğutma sağlanması, 15-20 dakikada 25^0C'den $+4^0$C'ye kadar ürünün ısısının alınması, verimli ve temiz bir yöntem olması, kısa sürede bozulan ürünlere uygulandığında kara ve deniz yolu ile bile uzun mesafelere taşınabilmesi yöntemin olumlu yanlarıdır.

2. 5. 7. Gece derimi

Gece derimi meyvelerin akşam ile gece karanlığı arasında yapay bir aydınlatma kullanılarak toplanması işlemidir. Gece derimi 1970'lerdeki enerji krizinden sonra gündeme gelmiş ve bazı ülkelerde oldukça fazla uygulama imkanı bulmuştur.

Yapılan bir çalışmada; erik, üzüm ve domates ürünleri kullanılmış ve soğutma yükünde gece yapılan derimde erikte %30, üzümde %37,57 ve domateste %46,2 oranında bir tasarruf sağlanmıştır. Böylece bu yöntem ile doğal bir soğutma sağlanarak ürünleri kaliteli ve ucuza muhafaza ederek, tüketiciye düşük fiyata sunma imkanı yaratılmıştır.

2. 6. Ürünlere Özel Uygulanabilir Önsoğutma Yöntemleri

Uygulanan bir önsoğutma yönteminden beklenen yararın elde edilebilmesi için ürün bazında mutlaka doğru olanın seçilmesi gerekir. Konuyu burada yinelemekte yarar vardır. Çünkü doğru yöntemi doğru üründe uygulamayan kişi veya kurumlar sonuçta hem ekonomik ve hem de kalite kaybına uğramaktadırlar. Çizelge 2.3'de önsoğutma yöntemleri ve hangi ürünlerde hangi yöntemin uygulanabileceği verilmiştir.

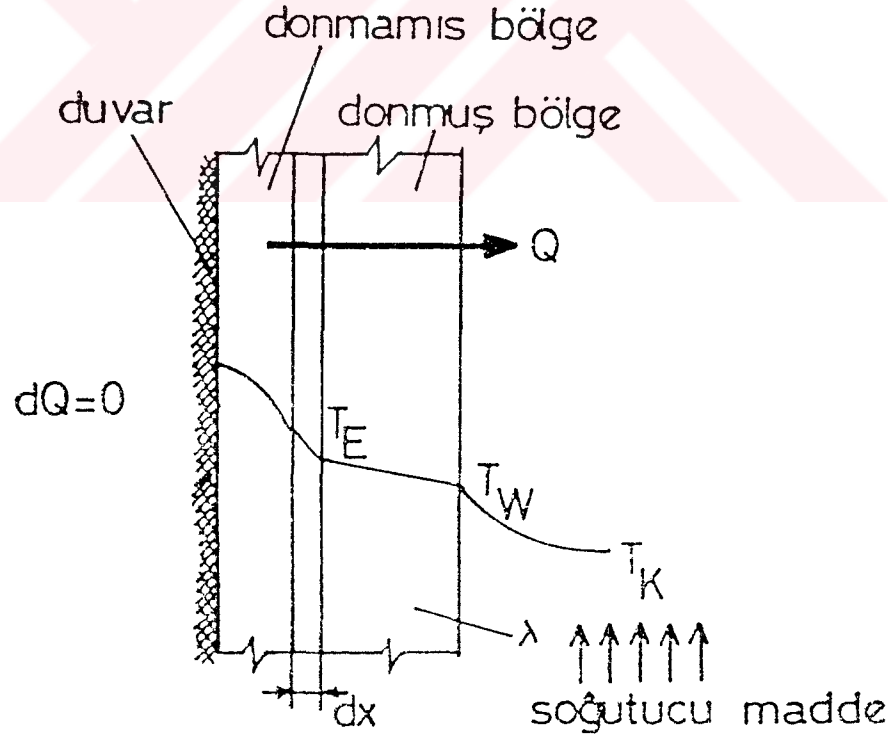
Çizelge 2.3. Önsoğutma yöntemleri ve özellikleri

Yöntem	Ürünler	Özellikler
Normal Soğuk Hava	Tüm ürünlerde	Yavaş soğutma
Yönlendirilmiş Hava	Meyve-Sebze-Kesme Çiçek, yumrulu bitkiler	Normal soğutma Özel dizayn ister.
Su ile Soğutma	Köklü-Yapraklı sebzeler, Bazı meyve ve meyveli sebzeler	Hızlı soğutma, homojen soğutma, suya töleranslı ürünler olmalı.
Buzlu Soğutma	Bazı meyve ve sebzeler, Yeşil Soğan-brokkoli Brüksel lahanası	Buzla temasa töleranslı ürünler
Vakum Soğutma	Yapraklı ve göbekli sebzeler	Çok hızlı soğutma. Ancak su kaybına dikkat. Pahalı.

2. 7. Donma Süresinin Hesaplanması

Donma süresinin hesaplanmasında dondurulacak gıdadaki toplam entalpi değişimi esas alınmaktadır. Bu hesaplama yönteminde söz konusu gıdanın sıcaklığının donma noktasına kadar soğutulması, dondurma işleminin kendisi

ve donduktan sonra istenilen sıcaklığa kadar soğutulması göz önüne alınmaktadır. Ortamdan uzaklaştırılacak ısı niceliği için donan gıdanın sıcaklığı ile soğutkan madde arasındaki sıcaklık farkı (T_E – T_K) ölçüt alınmaktadır(Şekil2.3.). Ancak, gerçekte soğutmanın başlangıcında, dondurmadan sonra etkili olan sıcaklık farkından daha büyük bir sıcaklık söz konusudur. Ayrıca bi hesaplamalarda T_E sıcaklığında tüm donma enerjisinin ortamdan uzaklaştırıldığı kabul edilmektedir. Ancak bu varsayım tam olarak gerçeği yansıtmamaktadır. Çünkü gıda içerisindeki suyun tamamı donma sıcaklığında donmaz. Daha düşük sıcaklıklara doğru donan su oranı artmaktadır(Çizelge 2.4.). Bununla birlikte ayrıntıları verilen hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler pratik olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Dondurma işleminde ısı transfer mekanizması

Çizelge 2.4. Bazı gıdaların taze ve donma sırasındaki yoğunlukları (kg/m^3)

	TAZE	DONMUŞ
Şeftali	1010	950
Kayısı	1000	940
Erik	1030	980
Çilek	900	840
Kiraz	1040	990
Bezelye	1020	970
Fasulye	950	890
Domates	1000	940
Yağsız et	1000	960
Yağlı et	920	900
Tereyağ	950	940
Yağsız balık	1000	950

Şekil 2.4'de de gösterildiği gibi belli bir kütle elementlerinin (F. Dx.q) birim zamanda dz entalpi değişimi transfer edilen ısı akımını vermektedir.

$$Q = F.q \cdot \Delta h \frac{dx}{dz} \qquad (2.7)$$

Bu ısı akımı donmuş katmandan geçecektir. Lineer sıcaklık değişiminin varlığı kabul edilirse;

$$Q' = F \frac{\lambda}{x} (T_E - T_W) \qquad (2.8)$$

Aynı nicelikteki ısı soğutkan maddeye iletilmektedir. Böylece;

$$Q = F.\ \alpha\ (T_W - T_K) \qquad (2.9)$$

$(T_W - T_K)$, donmuş yüzeyle soğutucu madde arasındaki sıcaklık farkıdır. Sistemin toplam ısı transfer katsayısı

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}$$

dır. Isı transferi yazılırsa.

$$Q = K.\ F.\ (T_E - T_K)$$

$$Q = \frac{F \,.\, (T_E - T_K)}{\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}}$$

$$\frac{Q}{F}\left[\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}\right] = T_E - T_K \rightarrow \frac{Q}{F} = \frac{T_E - T_K}{\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}}$$

Bu eşitlik (1) nolu eşitlikte yerine konursa,

$$\frac{T_E - T_K}{\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}} = \varsigma \,.\, \Delta\, h \,\frac{dx}{dz}$$

$$T_E - T_K = \varsigma \,.\, \Delta\, h \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}\right)\frac{dx}{dz}$$

Buradan donma süresi çekilirse,

$$dz = \frac{\varsigma \,.\, \Delta\, h}{T_E - T_K}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}\right)dx$$

$$\int_1^2 dz = \frac{\varsigma \,.\, \Delta\, h}{T_E - T_K}\int_0^{x=d}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}\right)dx$$

$$z_{1,2} = \frac{\varsigma .\Delta h}{T_E - T_K}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{x}{\lambda}\right)d$$

Bu formül tek taraflı bir soğutma için geçerlidir. İki yanlı bir soğutmada da yerine gıdanın yarı kalınlığı yerleştirilecektir.

Sonsuz uzunlukta R-yarı çaplı silindir için;

Önceki hesaplamalara analog olarak,

$$Q' = 2\,xrL\,.\varsigma .\Delta h\,\frac{d =}{dz}$$

$$Q = 2\,xL\,\lambda\,\frac{T_E - T_W}{In\,\frac{R}{r}}$$

$$Q = 2\,xR\,.L.\alpha\,(T_W - T_K)$$

Buna göre donma süresi;

$$Z = \frac{\varsigma .\Delta h}{T_E - T_K}\left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha}\right)\frac{R}{2}$$

R-Yarıçaplı küresel gıdalar için;

$$Q' = 4\,\lambda .r^2\varsigma\,.\Delta h\,\frac{dr}{dz}$$

$$Q' = 4\,x\,\lambda\,\frac{T_E - T_W}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}$$

$$Q' = 4\,xR^2.\alpha\,(T_W - T_K)$$

Buna göre donma süresi;

$$Z = \frac{\varsigma . \Delta h}{T_E - T_K}\left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) \frac{R}{3}$$

Her üç donma süresi aynı koşullarda karşılaştırıldığında, donma süreleri

$$Z_{plaka} : Z_{silindir} : Z_{Küre} = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$$

Bu hesaplama yönteminde olduğu gibi lineer sıcaklık değişimin varsayımı yapılmazsa, Froud ve Priot sayıları ile boyutsuz sıcaklık farkından hareket edilerek donma süresi hesaplanabilir.

Konuşmanın başında da belirttiğim gibi dondurma işlemi besinin ısısal orta noktasının -18^0C'ye ulaşmasıyla tamamlanmış olmaktadır.

Genel olarak donma hızı iki şekilde tanımlanmaktadır. Besin içerisindeki belli bir noktadaki birim zamandaki lineer sıcaklık düşmesi lokal donma hızı olarak tanımlanmaktadır. Birimi (Kelvin/dakika)dır. Endüstriyel uygulamada daha çok integral donma hızı kullanılmaktadır. İntegral donma hızı, bir izotermin bezin içerisindeki hareket hızını tanımlamaktadır. Birim olarak cm/saat alınmaktadır. Bu donma hızı birçok ülkede ve Uluslar arası Soğuk Tekniği Endüstrisinin önerdiği gıda normlarında kullanılmaktadır. Ortalama integral donma hızlarının pratikteki uygulamasına bakacak olursak şöyle bir çizelge ortaya çıkmaktadır:

	Ortalama integral Donma Hızı (cm/h)
Çok hızlı donma	5
Hızla donma	1 – 5
Yavaş donma	0,2 – 1
Çok yavaş donma	0,2

Donma hızı üzerinde konuyu daha da genişletmek mümkündür. Bugün endüstriyel uygulamada istenilen donma hızını gerçekleştirmenin mümkün olduğunu belirtmekle yetineceğim. Ancak besinlerin donma hızına gösterdikleri duyarlıklarına göre dört ana grupta toplandıklarını belirtmek istiyorum.

1. Birinci gruba giren besinlerin kalitesinde donma hızı herhangi bir etki yapmamaktadır. Yüksek oranda kuru madde içeren bezelye, yağlı et gibi besinler bu gruba girmektedir.

2. İkinci gruba giren besinlerde donma hızı minimal hızın (0.5-1K/dak) altına düşmemelidir. Daha yüksek donma hızı kalitede iyileşme getirmemektedir. Balık, yağsız et, nişasta ve un bazlı hazır yemeklerde bu grup içinde sayılabilir.

3. Üçüncü gruptan artan donma hızı ile kalitesi iyileşen besinler toplanmıştır. (3-4 K/dak, veya daha yüksek). Çilek, havuç, taze fasulye gibi daha çok meyve ve sebzeler bu gruba girerler.

4. Yüksek donma hızının kalitede önemli iyileşme getirdiği besinler: Ancak bu gruptaki besinlerde sıcaklık gerilimi oluşması nedeniyle hücre yapılarında çatlamalar meydana gelebilmektedir. Domates ve salatalık bu gruba giren besinler sırasında sayılabilir.

Görüldüğü gibi donma hızının her besine göre ayarlanması söz konusudur.

2. 8. Et İçin Hızlı Soğutmanın Önemi

Hijyenik koşullar altında kesimi yapılan duşlanan gövde etlerde günümüzde üç ayrı soğutma yöntemi uygulanmaktadır.

1. Kademeli Soğutma, 2. Hızlı Soğutma, 3. Şok Soğutma.

Kademeli Soğutma: Bu yöntem mezbahalarda soğuk hava makinelerinin kullanılmasıyla uygulamaya konan bir yöntem olup, 3 ayrı aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar gövdenin asılması, ön soğutma ve soğutma safhasıdır.

Gövdelerin asılması salonlarda veya koridorlarda ortam sıcaklığında 4-6 saat, diğer bir deyimle etin sıcaklığı ortam sıcaklığına erişinceye kadar bekletilir. Karkasların salonlarda bekletilme işlemi bittikten sonra ikinci aşama başlar ve gövdeler ön soğutucu odalara alınır. Bu odaların sıcaklığı +6 $+8^0$C arasında olup, ortam nemi %80-85 civarındadır. Ön soğutucu odada gövdeler 15^0C'ye kadar soğutulup üçüncü aşama olan esas soğutma odasına alınırlar. Bu oda sıcaklığı 2 $+4^0$C arasında, bağıl nem %75-80 civarındadır. Gerek ön soğutucu ve gerekse son soğutucu odada hava sirkülasyonu oldukça düşüktür. Hava sirkülasyonu odayı saatte 15 ..... 25 kez dolaşacak şekildedir.

Bu eski yönteme, sıcaklığın yavaş düşürülmesi nedeniyle bakterilerin gelişmelerinin önlenememesi, sızıntı ve ağırlık kayıplarının yüksek oluşu nedeni ile az başvurulmaktadır (Yıldırım, 1984).

Kademeli soğutmada soğutma işlemi 36-48 saat sürmektedir. Kademeli soğutma etin olgunlaşmasını olumlu yönde etkilemekte, bu yöntemde soğuk kısalması görülmemektedir.

Hızlı Soğutma: Kesim sonrası karkaslar direkt olarak –1 +1^{0}C'ye set edilmiş soğuk odalara asılarak tek aşamalı olarak soğutulmaktadır. Hava nemi %85-90, hava sirkülasyonu ise 3.5-4 m/san. Olarak değişmektedir. Bu yöntemde soğutma süresi sığır karkaslarında 18-24 saat, domuzlarda ise 12-16 saat sürmektedir. Pratikte kısmen uygulanan 0.5 m/san hava hızı ve -+0^{0}C sıcaklıkta 140 kg'lık yarım sığır karkaslarının merkez sıcaklığının +7^{0}C'ye kadar soğutulmaları 35 saat sürmektedir.

Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6'da belli koşullarda soğutulan etlerin soğutma süreleri görülmektedir.

Çizelge 2.5. 140 kg ağırlığındaki sıcak sığır yarım gövdesinin but eti merkez sıcaklığının + 7^0C'ye düşme süresi (Yıldırım, 1984)

Hava Sirkülasyonu	Ortam sıcaklığı -0^0C	+4^0C
3 m/san	25 saat	34 saat
2 m/san	28 saat	36 saat
1 m/san	32 saat	42 saat
0.5 m/san	35 saat	48 saat

Çizelge 2.6. 140 kg. ağırlığındaki sıcak sığır yarım gövdesinin kontrfile kısmı merkez sıcaklığının +10^0C'ye düşme süresi (Yıldırım, 1984).

Hava Hızı	Ortam Sıcaklığı = 0^0C	+4^0C
3 m/san	6 saat	7.5 saat
2 m/san	7 saat	8 saat
1 m/san	8 saat	10 saat
0.5 m/san	9.5 saat	11.5 saat

Hızlı soğutma yönteminin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz.

- Karkasların soğuma süresi kısalmaktadır.

- Harcanan iş gücü az olmakta

- Ağırlık kaybı az olmakta

- Etin dayanma süresi uzamaktadır.

- Etin yüzeyi çabuk soğuduğundan, yüzey bakterilerinin gelişmesi önlenmektedir.

Şok Soğutma: Bu yöntemde kesim sonrası karkaslar direkt olarak eksi derecelere set edilmiş odalara alınmaktadır. Bu sıcaklık sığır karkasları için -3-5^{0}C, domuzlar için –5-8^{0}C, hava sirkülasyonu 2-4 m/san ve bağıl nem %90 olmaktadır. Bu koşullarda 2 saat sonra, karkas yüzey sıcaklığı 0^{0}C'ye erişince soğutma işlemi 0^{0}C de, 0.1 m/sn hava hızında, merkez sıcaklığı –4^{0}C'ye kadar soğutulmaktadır. Toplam soğutma süresi domuzlarda 10-12, sığır karkaslarında ise 14-20 saat sürmektedir (ANAN, 1984).

Soğutma süresinin kısa oluşu ekonomik yönden diğer sistemlere göre üstünlük sağlamaktadır.

2. 9. Hava Dolaşımının Düzenlenmesi

Hava dolaşımı aşağıdaki denkleme göre düzenlenir:

$$n = \frac{Q}{V}$$

Burada:

Q – Fan-vantilatör-hava debisi (m^3/h)

V – Soğutma odası hacmi (m^3)

N – Hava dolaşım sayısıdır.

2. 10. Teorik Bilgiler

2. 10. 1. Meyvelerin ısı alışverişi "ısı değişimi"

Maddelerin, basit geometrik biçimleriyle, sıcaklığının bağımlılığı, "boyutsuzlarla" gösterilebilir.

$$\theta = \frac{\vartheta}{\vartheta} \varphi \left(Bi \; . Fo \;\; \frac{x}{R} \right)$$

Burada:

$\vartheta = tx\ \tau - tc$: (Ölçü anındaki sıcaklık fazlalığı)

$\vartheta a = tn - tc$: (Başlangıçtaki sıcaklık farkı)

$$\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{R}} = L$$

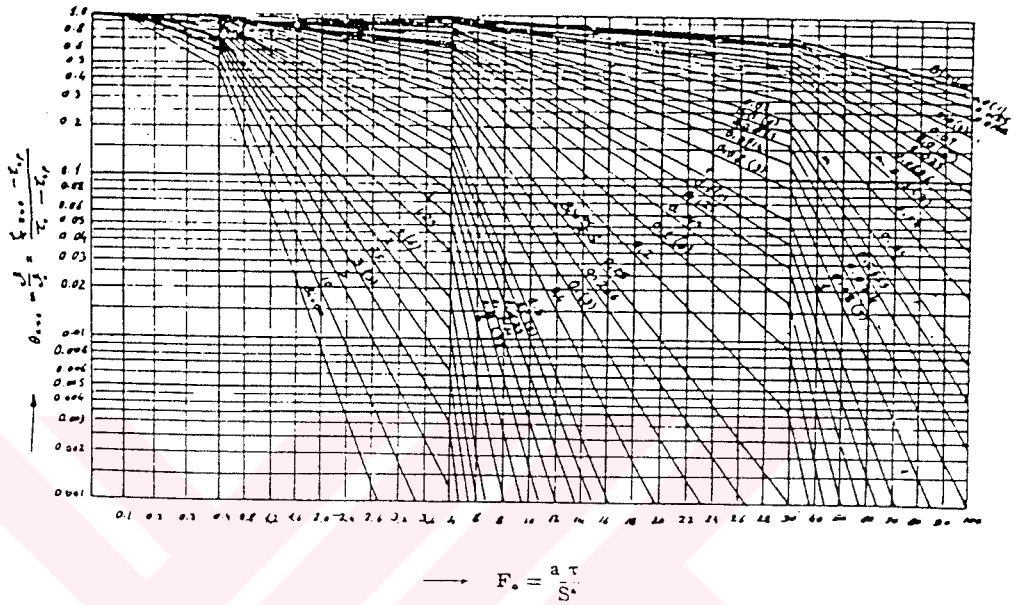
$$Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$$

$$Fo = \frac{a\ \tau}{R^{2}}$$

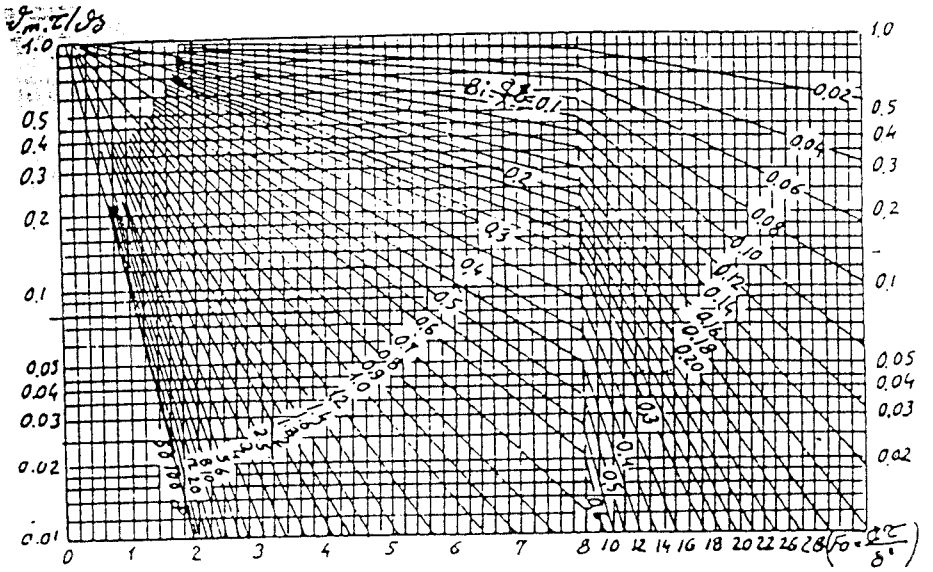
Maddenin çekirdek sıcaklığı ile sıcaklık farkının bilinmesi, teknik problemlerin çözümlenmesinde yeteri kadar yararlıdır. Bunun için yukarıda sunduğumuz, maddenin biçimine ait denklemi sadeleştirirsek:

$$\frac{\vartheta_{m,t}}{\vartheta a} = \frac{tm - tc}{tn - tc} = (Bi \; . Fo \;)$$

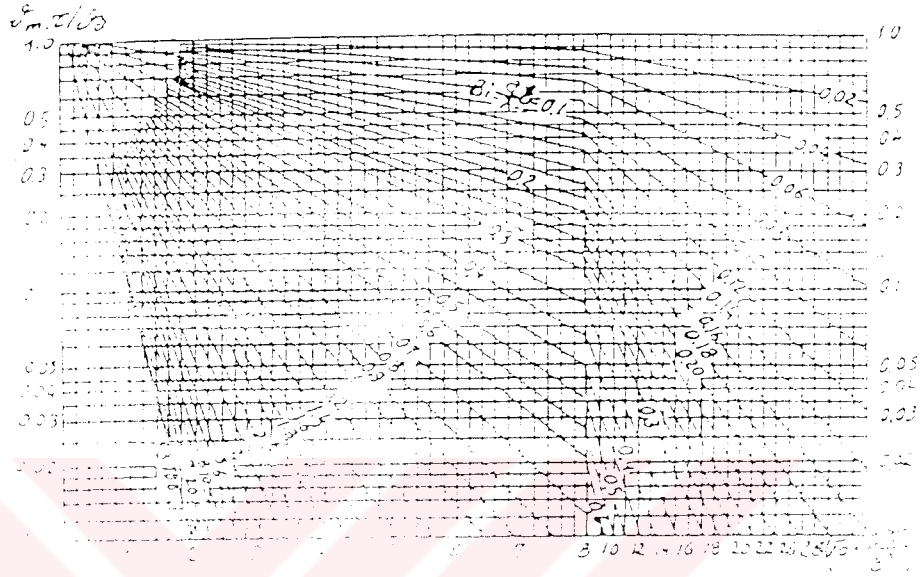
Yassı, silindirik, küresel biçimlerin "2"ci denklemdeki sınırsız bağımsızlıkları üç ayrı grafikle de belirlenmiştir(Şekil 2.4., Şekil 2.5., Şekil 2.6., Şekil 2.7.)



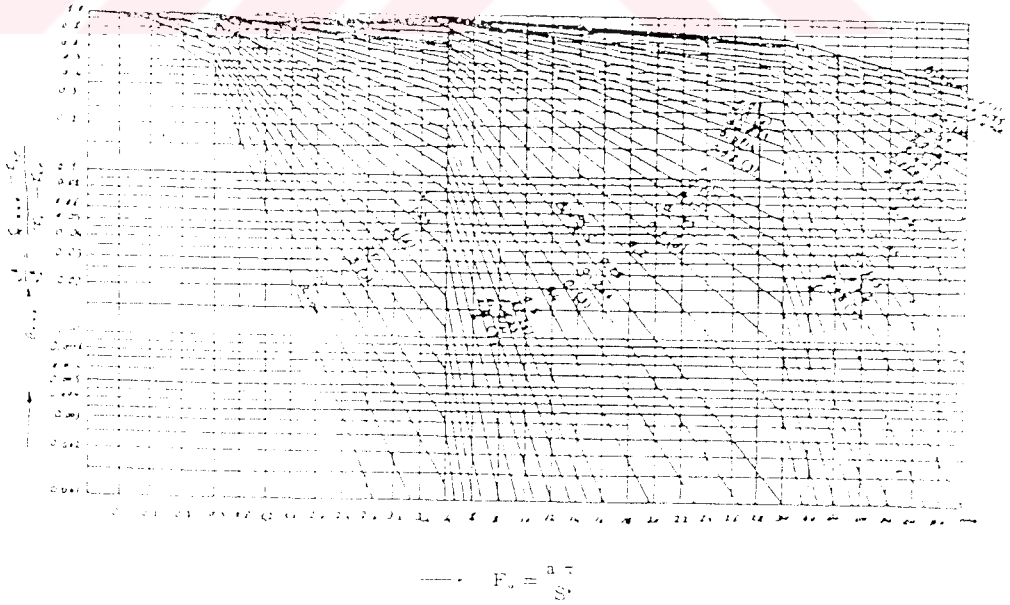
Şekil 2.4. Yassı biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık farkı (Suntur, 1982).



Şekil 2.5. Düz yaprak biçimli ürünün düzeysel yüzeyindeki bağıl termik fazlarını belirten nomogram (Suntur, 1982).



Şekil 2.6. Silindirik biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık değeri (Sungur, 1982).



Şekil 2.7. Küresel biçimli maddelerin soğutulmasında ortalama sıcaklık değeri (Suntur, 1982).

Meyvelerin soğutulmasının, yeteri kadar doğru ve kusursuz olması için, meyvenin üzerindeki nemin buharlaşmasından yararlanılır. Bunun için ısı taşıma gücü katsayısı, gereği kadar yükseltilerek düzeltilmesi gerekir.

Bu yönden, katsayının büyüklüğü, soğutma süresinde, ürünün kurutulması temeline dayanır.

$$\alpha\ i = \alpha\left(1 + \frac{r}{c\,(tn - tm)}\frac{\Delta g}{100}\right) \qquad (2.10)$$

Δg = % (ürünün tn sıcaklığından tm sıcaklığına kadar soğutulmasında, ürünün kuruma yüzdesi) dir.

Meyvelerin soğutulmasında ısı rejiminin, ısı ve kitle transferi analizine uygun olarak, düzenlenmesi, (ayarlanması) değişmez ve zorunlu bir prensiptir.

2. 10. 2. Soğutma işlemi ve üç aşaması

Soğutma işlemi üç aşamaya bölünür:

Birincisi: Düzensiz rejim

Bu aşamada en büyük rolü oynayan (başlangıç) ilk sıcaklığın yayınımıdır. Bu aşama, herhangi bir etkenle, sıcaklık yayılımının dengesizleşmesinden sonraki anlardır.

İkincisi: Rejimin ayarlanması

Bu aşamada, geçici ortam ile soğuyan madde, sıcaklık farklarının karakterize edilmesi ve bununla bağımlı olarak da, rejimin ayarlanması işlemi yapılır.

Üçüncüsü: Çevre ile soğuyan madde sıcaklıklarının, birbirine uygun olarak dengelenmesi aşaması

Bu aşamada, en ilginç aşama oluşmakta olup, teorik olarak bu aşamaya, soğuma başlangıcından çok daha sonra girilir.

2. 10. 3. Rejim sıcaklığının ayarlanması prensibi

Soğutulan yapıda istenilen noktadaki sıcaklık ile, dış ortam çevre) sıcaklık farklarının, soğutma hızı ile orantılı olarak, basit bir soğutma işleminin, sadece bir bölümünde sona erdirilmesidir.

$$\frac{dt}{d\tau} = -m(t - tc) \qquad (2.11)$$

$$In(t - tc) = -m + In(tn - tc) \qquad (2.12)$$

2. 10. 4. Soğutma temposu ve denklemleri

Soğutma temposu olarak tanımlanan orantılı bir "m" katsayısı, görüldüğü gibi, ilgili denklemin, zamanına göre değişimi, lineer karakterdedir (Denklem 2.5).

Soğutma temposu, soğutulan yapının biçimine, büyüklüğüne, sıcaklık alışverişine, soğutulan yapının yüzeyindeki ısı taşıma gücü katsayısına

bağımlıdır. Soğutma temposu, çoğunlukla da denenerek belirlenir, ya da deneylerle belirlenmiş, amprik formüllerle hesaplanır.

5. denklemle ilgili τ değeri aşağıdaki denklemle çözümlenerek elde edilir.

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{tn - tc}{t - tc} \qquad (2.13)$$

Niteliği araştırılan nokta, genellikle soğutulan nesnenin en iyi yerindeki 'stereometrik merkez' (üç boyutlu merkez) üzerinde seçilir.

Yiyeceklerin soğutulmasında, kuruma hızına göre soğutma için, deneyler sonucu belirlenerek belirtilen, sıcaklık rejimi düz enlem prensipleri uygulanırsa, ısı alışverişi yapan (ortamın ya da) ortamla, soğutulan nesnenin yüzeyindeki ısı taşıma gücü katsayısı sürekli olarak stabilize olur.

Gerçekte, soğutma işlemi daima, düzensiz rejim aşamalarını da içine aldığından 6. Denkleme τ süresi de katılırsa, ürünün genel soğutma süresine eşit 7. Denklem elde edilir.

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{tn - tc}{t - tc} + \tau' \qquad (2.14)$$

D.G.Rujutoff'un soğutma teorisi analizine göre, 6 ve 7. Denklemlerin oranları düzenlenirse, yapının soğutulmasındaki τ ve m değerleri için aşağıda görülen (sadece %5 hatalı) denklem elde edilir.

$$\tau = \frac{2.3}{A.a} R\left(R + B\frac{\lambda}{\alpha}\right) \ln\frac{tn - tc}{t - tc} + \frac{0.253C}{A.a} R^2 \frac{R + B\dfrac{\lambda}{\alpha}}{R + D\dfrac{\lambda}{\alpha}} \text{ saat} \qquad (2.15)$$

(A, B, C, D) katsayılarının hesaplamalara uygulanacak değerleri Çizelgede verilmiştir.

Sonradan 8. Denklemden yararlanılarak $\tau \geq 0.25 \dfrac{R^2}{a}$ saat olarak başlangıç soğutma süresi bulunur. Böylece soğutmada rejim sıcaklığını düzenleme kuralına göre, soğutma momentlerindeki rejim sıcaklıkları düzenlenir. Bu denklemde ...angi bir biçimde soğutulacak olan nesnenin, düzgün biçimli nesnelerin soğutulması hesaplarına eş olarak, hesaplanabilmeleri olanağı sağlamasından ötürü uygulanarak yararlanılır.

Analitik ve deneysel bilgilerle, soğutma prosesini etkileyen bol miktarda önemli faktörleri ayrı ayrı değerlendirme olanağı sağlarlar(Çizelge2.7.).

Sıcaklık ve buharlaşma, çoğunlukla başlangıç soğutma süresinde hızla düşerek azalır.

Çizelge 2.7.Soğutma temposu denkleminin A, B, C, D katsayıları (Suntur, 1982).

Nesnenin Biçimi	Katsayı A	B	C	D
Sınırsız 2R kalınlıkta düzey plaka	2,5	2,4	1,0	1,3
Sınırsız 2R yüzeyinde yan yüzey Dörtgen kalıp	5,0	2,4	1,0	1,3
2R yan yüzeyinde küp	7,5	2,4	1,0	1,3
Sınırsız R çapında silindir	6,0	2,8	2,0	1,7
R çapında küre	10,3	3,2	3,0	2,1

Bu hızın şiddeti ve yoğunluğu geçicidir. Soğuyan nesnenin ağırlığı, nesnenin soğutma ısısı ile buharlaşma oranını düzgün bir şekilde sürekli olarak azaltır. %85-100 nem sınırları içerisindeki nemli hava, soğutma hızı ile, yanısıra buharlaşan nemi çok az etkiler. Bir başka deyimle %85-100 nem sınırları içerisindeki hava, soğutma hızını ve bunun buharlaşan nemi çok az etkiler.

Soğutma süresinde, yüklerle, ürün yüzeyinin soğuması ve çevrenin ısınması arasında aralıksız olarak azalmadan ötürü, sürede bir kısalma düzeni oluşur.

Soğutma prosesinin süresi ile soğutma zamanının, yükün çevre ile ısısını soğutan sistemle ilişkisi vardır.

Soğutma donatımının teknolojik ilişkileri, yükü soğutan çevre sıcaklığına göre, daima kusursuz olarak hesaplanamaz. Çünkü prosesin başlangıcında, soğutulan çevre sıcaklığının artması ve tekrar eski durumuna dönüş süresi gibi aparatları soğutma cihazları ile donatımını etkileyen periyodik şartlar vardır.

Yük ile çevre arasında, aralıksız basınçlı ters akım işlemi yapan donanımlarla yük ısısının bir yüzeye getirilerek, başarılı bir soğutma işlemi, çoğunlukla elde edilebilir. Örneğin tünel tipi donatım ve aparatlardır.

Günümüzün pratiğinde, ürünler prosesin yoğunluk isteğine göre, hava dolaşımında, sıvıda ya da buzda soğutulurlar.

Etler, etten yapılmış ürünler, kümes hayvanları, balıklar, yemiş ve meyveler, yağlar ve sütten yapılmış ürünler, pasta ve şekerleme mamulleri ile benzerleri 1-1.5 m/s hızda basınçlı hava dolaşımında soğutulurlar.

Soğutulmuş balık, kümes hayvanları gövdeleri, ham içyağı, şarap şişeleri (su ve salamura gibi) sıvılarla soğutulurlar.

Süt, kaymak, maya, meyva sularıyla diğer sıvı yiyecekler, genellikle ters akışlı su ya da salamura ile soğutulan ısı değiştiriciler yardımı ile soğutulurlar.

Balık, kümes hayvanları, bazı meyve ve sebzeler, şişeler, içecekler buza gömülerek soğutulurlar.

Prosesin amaç ve çeşitlerine uygun olan, proses teknolojisi ile soğutma donatımı kullanılır.

Prosesin, çeşitli yiyecekler için bildirilen proses tanımlamalarına göre yapılması gerekli ve zorunludur.

2. 10. 5. Soğumaya gelen meyvelerin muhafazası (soğuk hava depoları)

Meyvelerin soğuk muhafaza depolarında, çevrenin son sıcaklığı soğutularak ya da dondurma işlemiyle muhafaza sıcaklığına eşitlenir.

2. 10. 6. Soğuk muhafazanın temel problemi

Amaçlanan (koruma) muhafaza süresi boyunca, besin parçalarının (gıda maddelerinin) tüm niteliklerinin değişmesini maksimum değerde yavaşlatma, soğuk muhafazanın temel problemidir.

Soğuk muhafaza depolarında, aşağıdaki şartların yerine getirilmesi şarttır:

Gerekli sıcaklık-nemlilik rejimi ile basınçlı hava hızı, depolama yerlerinin ve soğuk deponun tıbbi-sağlık durumunun eksiksiz ve kusursuz olması, yağlara zararlı etken yapan, güçlü okside edici ajanların (ortamların) ve ürüne yabancı keskin kokular gibi, zararlı özel faktörlerin var olmaması, bulunmaması gerekli ve zorunludur. Ürünün niteliği "kalitesi" için önemli olan anlam ürünün, yalnız en yüksek kalitede muhafazasının başarılmasının zorunlu olduğudur. Bu nedenle, bu konuda başlıca rol oynayan paketleme olanaklarıdır. Soğuk depolama yönünden, ürünün muhafaza "depolama" süresi, rejimi, uygulanacak teknolojik prosesin düzeni, ürünlerin değişimine (bozulmasına) göre görüntüsüne, içine, nitelik karakteristiğine, zamanında toplanmasına "hasadına" başka bir deyimle olgunluğuna bağımlıdır.

Çeşitli ürünlerin depolama süreleri ile depolama rejimleri; ürünün herhangi bir değişim nedenine dayanan deneysel araştırmalarla belirlenir.

Yiyeceklerin muhafaza "depolama" süresindeki değişimleri (biyoşimik-fizikoşimik) biyokimyasal ya da fiziksel kimyasal nedenlerle olur.

2. 10. 7. Biyokimyasal değişimler

Yapılan esaslı deneylerle, biyokimyasal değişimlerin, mikroorganizmanın etkileri ile, ürünün dokularındaki fermantasyon eylemlerinin nedeni ile olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu faktörlerin ikisi de, bileşik organik maddelerin çözüşmesinde (dekompoze olmalarına) ve daha fazla soğudukları zaman, ürünün bileşimine giren bileşiklerin de kıvamlarının değişmesiyle de, ürünün tat ve kokusunun bozulmasına sebep olmaktadır.

2. 10. 8. Fizikoşimik değişimler ve eylemleri

Fizikomişik eylemler, nemin buharlaşmasına (kurumaya), ürünün yapısındaki bazı histolojik elemanlarla renginin değişmesine sebep olurlar.

Fizikomişik değişimin yoğunluğu (şiddeti), esas olarak; dış çevre durumu ile sıcaklık, nem, basınçlı hava hızı ve muhafaza odasındaki havanın bileşimi ile bağımlıdır.

Oldukça bol ürün çeşidine karşın, değişimlerin tümü bu soydan olup, bunlar bir disiplin yönetimi altına alınmak üzere, belli zorunlu metodlar uygulanabilir. Ancak, ürünlerin değişim hızları ile farklı eğilimleri, kendi zati özelliklerine göre, depolar ve öteki deneysel şartlarla, esaslı bir şekilde meydana çıkarılabilir, kısa bir deyimle bu çeşit deneysel belirlemeler, küçük deney odaları ya da aparatlarında değil, gerçek şartlarda uygulama yerlerinin gerçek ve pratikte nerede ise orada belirlemelerin yapılması zorunludur.

2. 10. 9. Bitkisel asıllı ürünlerin değişimi detayları

Bitkisel asıllı ürünlerin değişimi, daha çok karbonhidratların (kompleksinden) yapısından ileri gelir. Komplekslerin bu değişimi, ürünlerin durumu ile bağımlıdır.

Ham meyvelerin depolanmasında, olgunlaşma prosesi, dokuların yumuşaması ile birlikte, özgül aroma (koku) ve özgül renk meydana gelir. Dokuların yumuşaması taşıdıkları petkinlere bağlıdır.

Genel karakterlerinden ötürü çoğunlukla, proto petkinlerle, eriyik birikimler, su biçiminde dekompoze olurlar (çözüşürler).

Dekompozisyonun ilk aşamasında: Protopectinasa'nın fermante olarak, hidrolizleşmesi ile petkin eriyiği çözüşür ve bozulur.

Sonraki aşamada: Fermentlerin eylemi altındaki çözüşmede, pectose ve pectinase pectine'nin dekompozisyonu ile (α-Galactonic acid = pentahydroxyhexoic acid)'in sulu eriyik meydana gelir.

Petkinli maddelerin 'pectines dönüşümlerinde ve yemişlerin dokuları arasındaki gaz alışverişleri ile tatlarının nitelikleri üzerinde çok büyük etkileri vardır.

Olgunlaşma sırasında, yapısal değişimlerinden ötürü, dokuların salıverdiği nişastanın dekompoze olmasına yardımcı olan, fermentlerin yardımı ile meyvenin tadını çoğaltan saccarose ve monosaccarose meydana gelir. Olgunlaşma prosesinde, bitkisel ürünlerde "solunum katsayısı" ve aynı zamanda içindeki etil alkol, acetaldehyde, (ethanol) ve etilen'in artışı hızlanır.

Çoğunlukla, maksimal solunum katsayıları, içerisinde etilen bulunan yumuşak, tatlı meyvelerin solunum katsayılarıdır. Bir başka deyimle, çoğunlukla yumuşak, tatlı meyvelerde, olgunlaşma prosesi ile aynı zamanda içerisindeki etilen miktarı ve solunum katsayısının maksimum değerde artışı hızlanır.

2. 10. 10. Bitkisel asıllı ürünlerde vitamin

Bitkisel asıllı ürünlerde: Ascorbic acide (C vitamini) ile Carotine-Caroten (ilkel A vitamini)'nin, maksimum nitelikte oluşması, meyve ve sebzenin, belirli olgunlaşma basamaklarına bağlıdır.

Olgunlaşma sonrası aşırı olgunlaşma, vitaminlerin yıkımına (harap olmasına)sebep olduğundan, aşırı olgunlaşmayı durduracak gecikme aşamasını saptayarak, böylece yeteri kadar olgunlaşma ile meyve ve sebzelerin tat ve besleyicilik kalitelerinin korunması önemlidir.

Olgunlaşma prosesi, sıcaklık rejiminin ayarlanması ile oluşturulur. Bitkisel hücrelerdeki karbonik asit (karbon dioksit) gazı ile havadaki oksijen yoğunluklarının, depolamada bitkisel ürünlerin dekompeze olarak bozulmalarında etken oldukları, saptanarak anlaşılmıştır.

Solunumla artan, karbon dioksit miktarı, karbonhidratları, karbonik asit'e dönüştürerek organik maddelerin türemesini yok eder ve organik maddeler zarar görür.

Hücrelerin "anaerobic" solunumlar, içerilerindeki karbonik asidin şiddetini arttırarak, karbonhidratları bozarak etil alkol, asetaldehit ve etilen'e dönüştürür. Yavaş yavaş şiddetlenen karbonik asit konsantrasyonu, solunum prosesindeki havanın, yoğunluğunu azaltır. Bunun sayesinde aşırı olgunlaşma, çürüme duraklar.

Dokuların solunum prosesindeki karbonik asit gazı salgıları, bitkisel ürünlerin muhafazasında (konservasyonunda) kullanılır. Bu nedenle, elma ve armut, içerilerinde %5-10 yükseklikte, karbonik asit gaz konsantrasyonu olan, hermetik sızdırmaz kaplara ya da hermetik sızdırmaz soğutulmuş odalara yerleştirilmektedir.

Karbonik asit salgısı ile birlikte, sıcaklığı + 0, -3^0C'ye indirerek, uzun zaman meyvelerin taze durumda başarı ile saklanma imkanı vardır.

Bitkisel ürünlerin, muhafaza ve dondurulmalarında, solunumu durduran, solunum prosesi, alçak sıcaklığın aksamasına göre değişken olur.

Donmanın sebep olduğu yıkımın etkisi, dokuların donmasından sonra, fermentlerin (enzim, maya) yeniden eyleme geçmesiyle, meydana çıkar. Tanenli maddeler bulunursa ya da bulunuyorsa, fermentlerin oksitleşme etkisi sonucunda, dokular hızla koyulaşır. Çoğunlukla, "polyphenoloxidase" (Polifenol oksitleştirici enzimler)in eylemine, peroxidase'lerin, ascorbinase'lerin de katıldıkları kabul edilmektedir.

Meyvelerin dondurma işlemlerinde kararmalarını önleyici işlem olarak, tanenli maddelerin koyulaşmasını, kararmasını önleyici antioksidanlarla, ascorbic acid (C vitamini) ile işlem yapılarak doldurulurlar. Antioksidan çalışmaları yapılmayan ürünlerin donmadan sonra, ascorbic acidi kaybolur.

Böyle bir kayıp, meyve ve sebzelerin dondurulmadan önce, buharla ya da kaynar su ile haşlanarak, "ağartma" işlemiyle, azaltılırsa da, bu operasyon sonucunda, ürünün yapraklarındaki başkalaşma tersinmez. Başka bir deyimle, yeniden eski durumuna dönemez(Çizelge 2.8.).

Çizelge 2.8. Çeşitli meyve ve sebzelerin solunumlarındaki şeker harcamalarında kullandıkları şeker (Suntur, 1982).

Ürün	Solunumda harcadığı şeker
Çilek, Ahududu	18^0C'da gr/kg taze ağırlık 24h
Şeftali	18^0C'da gr/kg taze ağırlık 24h
Üzüm	20^0C'da 0.8'den 1.6 gr/kg taze ağırlık 24h
Armut	18^0C'da 0.5'den 0.7gr/kg taze ağırlık 24h
Kuşkonmaz	20^0C'da2.0'dan 2.5 gr/kg taze ağırlık 24h

Çizelge 2.9. 1000 kg. 24 saat olarak soğuk depolamada, çeşitli sebze ve meyvelerin ısı verimi (Suntur, 1982).

Ürün	0^0C Depolamada	+4.4^{0}C depolamada
Elma	183'ten 245'e kadar kcal	309'dan 489'a kcal
Armut	184'ten 245'e kadar kcal	
Çilek	760'dan 1060'a kadar kcal	1430'dan 1840'a kcal
Kiraz	367'den 490'a kadar kcal	
Şeftali	236'dan 381'e kadar kcal	401'den 562'ye kcal
Havuç	227 kcal	392 kcal
Patates	122'den 245'e kadar kcal	307'den 489'a kcal
Salata	175 kcal	206 kcal

Çizelge 2.10. Elmalardan nem ve dokular arasındaki yoğuşkanın, hava sıcaklığına ve neme bağlı karakteristiği (Suntur, 1982).

Tanımlama	Sıcaklık ^0C	Nem φ=%90	Nem φ=%80	Nem φ=%70
100 gram elma dokusunda	0	19.5	38.7	55.6
Ortalama yoğuşma derecesi	10	50.3	85.3	115.4
"günde mgr. Miligram" olarak	20	108.9	161.6	222.0

Bu yoğuşma, sadece deponun sıcaklık ya da nemine bağlı değildir (Çizelge 2.10.). Ayrıca elemanların çeşitleri, boyutları, biçimleri ve büyüklükleri ile solunumda kaybettikleri maddelerin de etkileri vardır. (+3^{0}C ve +4^{0}C'da nem φ = %90 iken, saf su kaybı % 1/12'yi aşmaz). Elemanların mumlanmış olup olmamaları, paket durumları ile içerilerine hava akışı durumları, paketin tam merkezindeki elemanlar, ulaşım, bunların hepsi göz önünde tutulacak nedenlerdir.

Soğutmada, natürel hava dolaşımında, elma kutuları içerisindeki havanın nemi %9.3 ve cebri havalı dolaşımlı soğutmada ise, %5.7 olarak saptanmıştır. Dr. Andre Gac, alçak nemli havalı depolamada, meyvenin olgunlaşmasının sınırlandığını saptadığından, ortalama yüksek nemde muhafazanın doğru olacağı sonucuna varılmış bulunulmaktadır.

2. 10. 11. Hayvansal asıllı ürünlerin değişimi ve aşamaları

Hayvansal asıllı ürünlerin, optimal muhafaza koşullarında kimyasal bileşimlerinin değişim karakteristikleri, çok çeşitlidir. Muhafaza süresinde geçen biyokimyasal değişimlerde çeşitli karaktere sahiptirler.

Hayvansal asıllı ürünlerde bozulma prosesinin oluşumu, geneldir. Hayvansal ürünün, bozulma nedeni, yapısındaki kaynaşık-albumin, yağ, karbonhidrat gibi organik bileşiklerinin özelliklerine bağlı elverişsiz koşullardan ötürü bozulmalarıdır.

Proses yapılırken, ürünün başlangıç anlarındaki değişme azdır. Sıcaklığın düşmesiyle azalan bu değişme, şiddetle donmadan sonra daha da kısaltılmış olur.

Ürünün muhafaza süresinde, ürünün kendi yapısında bulunan hidrolitik fermentlerin etkisi altında, albuminin otolitik olarak bozulması ile sonuçta, alkalik özellikteki çok basit elemanlardan olan amino acid ürer.

Aşağıda verilen şema, albüminin en basit çürüme şemasıdır.

Protein ⟶ Albümoscile peptone ⟶ Polipeptide ⟶ Aminoacide

Albüminli maddelerin, sudaki eriyikleri bozulma prosesini arttırır. Albümindeki bu değişmeyi tanımlamak için, yaşlanma (eskime) deyimi kabul edilmiştir.

Albümin ve kolloidal sistemlerin eskimesinde kısmen pıhtılaşma (koagulasyon) ve bozulma (denatürize) olur.

Ortamın beslediği bakterilerin sebep olduğu, bol miktardaki, basit bileşiklerin, bakteriyel ferment ve asit proseslerine yardımcı olmaları ile albüminin otolizleşmesi meydana gelir.

Bakterilerin, etkilerinin hızlandırarak şiddetlendirmeleri ile albümin bozulur ve harap olur. Bundan sonra, amino asit: desamine, decarboxyle olması ile, karbonik asit gazı ile amonyağın açığa çıkması eğiliminde, üç yönde çözüşür.

Bu değişmeler, amonyağın birikmesi ile gözlenerek izlenir. Bundan sonra zaman zaman skatole (Methylindole) ve öteki uçucu 'volatile' maddelerin meydana getirdiği çözüşmeler olur.

Albüminli maddeleri çözüştürerek ayrıştıran 'anaerobic' olaylar, sülfür ile merkaptan ve hidrojen sülfit gibi sülfit bileşiklerinin meydana gelmesiyle ürünün çürümesi, zedelenmesi, bozulması 'eskime' aşamasının sonunu karakterize eder. Hayvansal asıllı hücreler, uygunsuz muhafaza koşullarında, bozularak değişirler.

Fermentlerin etkisi altında, yağ 'lipase'nin, hidrolizleşmesi ile yağlı, serbest asitler meydana gelir.

Bilindiği gibi yağın asiditesi de reaksiyonla birlikte artar. Hidroliz sonucunda meydana gelen, yüksek moleküllü yağlı asitler, ürünün sadece tat ve kokusunda bir değişim yapmazlar, ayrıca az miktarda bile beliren alçak molekülü asitler, ürünün lezzet kalitesini de fenalaştırır.

Yağlı asitlerin görüntüsü, yağdaki bileşimin terkibine bağımlıdır. Buraya kadar belirlediğimiz oluşumlar, hayvansal asıllı ürünlerin, bozulmalarının birinci aşamasıdır.

Hayvansal asıllı ürünlerin, bozulmalarının ikinci aşaması

Hayvansal ürünlerin bozulmalarının ikinci aşamasında, yağlı asitlerle asitli kalıntılar, ürüne 'glicerid' bileşiminde girerler. Lipase, Lpoxidase gibi fermentlerin, katalizleme ve oksitleme prosesleri sonucunda, küf mantarı, maya gibi mikroorganizma 'yaşama' canlılık eylemini kazanırlar (Oksitleşme, ekşime karşılığı olarak da tanımlanabilir).

Yağlı asitlerin ya da asitli kalıntıların oksitleşmesinden, (Aldehyde, Ketone, Ester Alkol) gibi uçucu maddelerle, (Asetic acide 'sirke asidi', Formoc acide 'karınca asidi', Buthyrat 'yağ asidi', Haptyl) gibi alçak moleküllü asitler meydana gelir.

Örneğin, aldehit ve ketonla birleşik olarak, yağın tadı acılaşır. Keton, koku spesifikasyonunu bozar.

Ürünün çürümesi, bundan sonra da karbonik asit gazı, karbon monoksit ve suyun meydana gelmesine sebep olur.

Hayvansal asıllı ürünlerin, proses süresinde, karbonhidrat miktarı, ürünün durum karakteristiğine göre, bildirilen miktarda olmalı ve %1'den fazla bu miktarı aşmamalıdır.

Hayvansal asıllı karbonhidratların belli başlılarından, yalnız "glycogene" (hayvansal nişasta = glucogen), soğutma süresinde ve etlerle balıkların, sonraki (bir başka yerde) muhafazalarında, önemli değişikliğe uğrarlar.

Glikojenin: Lactic acide (2-hydroxypropanoic acide) oluncaya kadarki bozulma oluşumunun, sadeleştirilmiş şeması aşağıda gösterilmiştir.

(Glycogene⟶ana karbonhidratlar⟶glucose = üzüm şekeri ⟶ lactationlar

⟶ hexophosphoric acide ⟶ lactic acide). Yönteminde oluşan lactic acide'ler genellikle, ürünün kalitesini kötüleştirmezler.

Hayvansal asıllı karbonhidratların başlıcalarından, bir başkası olan "lactose = süt şekeri", mikroorganizmanın yaşama eylemlerinin sonucunda meydana gelen alkol, buthyrat, lactic acide etkisi altında mayalaşarak ekşiyebilir.

Bunlardan bazıları, sütlü mamullerin yapımında, ürünlerin özelliklerini elde etmek için yapılan proseslerin detaylarında, kullanılarak yararlanılır.

Ürüne, hoşa gitmeyen bir tat kazandırarak, tadını bozduğundan, proseslerde, yağ asidinin meydana gelmesi olayı, istenmeyen bir olaydır.

Biyo kimyasal prosesin hızı, prosesteki çevreleyici ortamın (havanın) sıcaklık ve nem derecesinin şiddetiyle bağımlıdır.

Biyokimyasal proses, ürünün sıcaklığı indirilerek frenlenir.

Mikroorganizmanın yaşama eylemi, -12^0C'de tümü ile kesilir, sadece en alçak sıcaklıklarda bile (örneğin, dondurulmuş ürünlerin bile, -18^0C sıcaklıkta 6-15 aylık bir sürede soğuk muhafazasında) fermentlerin organik eylemleri görülür.

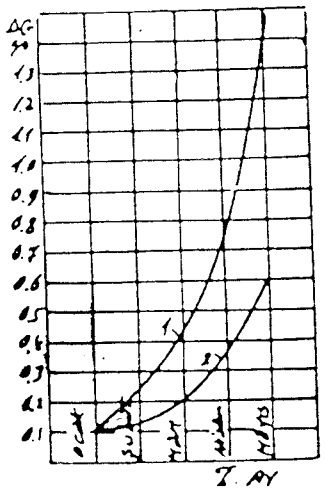
0^0C'den yukarı sıcaklıklarda, havadaki nemin şiddeti, biyokimyasal değişmelere neden olan, mikroorganizma eyleminin artmasına yardımcı olur.

2. 10. 12. Meyvelerin fizikoşimik değişimleri

Ürünlerin fizikoşimik değişimleri: Ağırlık kaybı "kuruma", renk ve histolojik yapılarının başkalaşmalarına yol açar. Ürünün kuruması, çok büyük kayıplara ve ürünün kalitesinin düşmesine yol açar. Ürünlerde nem, yüzeyde buharlaşmaktadır. Ürünün kuruyarak dış görünüşünü ve beslenme değerinin düşmesini önlemek için, nem akışının, (üst katlara (yüzeye) doğru geçişini (akışını) etkisiz hale getirmek nedeniyle), iç katlarda, nemin göç hızından daha az olması sağlanmalıdır.

Kurumanın boyutu ürünün çeşidine, durumuna, muhafazanın sürekliliği ile, muhafaza rejimine (Şekil 2.8.), soğuk muhafaza odasındaki istifleme olanakları ile, paketlemenin karakterine bağımlıdır.

2. 10. 13. Muhafazanın sürekliliği ile muhafaza rejimine bağımlılık



Şekil 2.8. Donmuş etlerin sıcaklık ve muhafaza süreleri ile bağlantılı olarak ağırlık kaybı "kuruma %" si (Suntur, 1982)

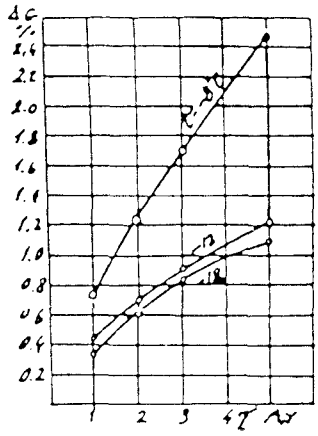
Nemin kurumasını etkileyen, odanın ölçüleri, yüklerin istif sıraları, soğutma sistemi, ısı kazancının boyutları etkenlerdir.

2. 10. 14. Nemin kurumasında oda boyutunun etkisi

- Teorik hesaplar yapılırken, ürünlerin kuruması, doğrudan doğruya, ürünleri tartarak, saptama metodu ile hareket etmelidir.

- Ürünün kuruma boyutu (büyüklüğü) mutlak "absolute" olarak, ürünün yüzeysel alanını, ağırlığına olan oranına bağlıdır. Kurumaya yardım eden etkenler, ürünün nemlenen yüzeyi ile taşıdığı nem miktarıdır(Şekil 2.9).

Bu nedenle, numunelerin ya da istifin tümünün, kalın kabuklu "zarlı" nem geçirmeye dayanıklı oluşu, daha büyük kayıpları azaltır.



Şekil 2.9. Donmuş etin kuruması (Suntur, 1982).

2. 10. 15. Muhafaza rejimi

Muhafaza rejimi, basınçlı havanın nemini bağlı sıcaklık, basınç ve hızı, kurumanın boyutu (büyüklüğü) üzerine etki gösterir. Sıcaklığı düşürerek, nemlenmenin boyutu bir dereceye kadar azaltılarak, dengenin kararlılığı ve muhafaza rejiminin düzenli düzgünlüğü sağlanır.

a- Ürünün geometrik kurallara uymayan "STEREOMETRİK" biçimi.

b- Ürünün çeşitli özellik ve nitelikleriyle, nem taşıma gücü.

c- Nemin, yüzeye göçmesi "akışı" sırasındaki, ısı taşıma gücü prosesi

d- Muhafaza odasının rejimindeki, kararsızlıkla oynaklık, kurumanın hesaplanmasını güçleştirirler.

Dondurulmuş yiyeceklerin muhafazasında, muhafaza odasının, ısı değiştiricileri ile nem değiştiricilerinin prosesine özel bir dikkat ve ilgi gösterilmesinde zorunluluk olup, bu da kural olarak aşağıda saptanan koşullara çok dikkat etmek gerekir. Bu koşullar şunlardır:

1- Girmesine izin verilmesi saptanan, "Isı ve nem"

2- Bunlardan ötürü, ürünün yüzeyindeki "Yoğuşma" larıdır.

3- Yine bunların, soğutulmuş cihazların yüzeyindeki "Yoğuşma"larıdır.

Muhafaza koşullarından ötürü oluşan, kuruma "ağırlık, su kaybı" boyutu "Δg" aşağıda gösterilen, "D. G. RJUTOFF"un denklemi ile, yaklaşık olarak eşitlik 2.16 ile tanımlanır:

$$\text{"}\Delta g\text{"} = \frac{Q\,(P' - P_0') - W\,[\,0.22\,K_{RE}\,(t - t_0) + 0.68\,(P' - P_0')\,]}{0.22\,K_{RE}\,(t - t_0) + 0.68\,(P' - P_0') + \dfrac{1.15\,(Q - 0.68W)}{\beta\, f\, G}} \qquad (2.16)$$

W – Odaya girmesine, izin verilmesi, saptanan nem miktarı (gr/kg) ("W" değeri, genel muhafazada başlıca uygulamalarda, 0 gr/kg ya da bu dolaylardadır).

G – Muhafaza odasındaki ürünün ağırlığı (ton)

K_{RE} – Soğutucu cihazların, radyasyon "ışıma – yayınma" katsayısı, bir başka deyimle, "radyasyon efekti katsayısı":

Tek sıra bataryalar için $K_{RE} = 1.51$

Batarya demetleri ve gruplar " $= 1.30$

Kanatlı bataryalar (serpentin) " $= 1.22$

Hava soğutucular (fanlı) " = 1.0 – 1.08'e eşit olarak uygulanır.

f – Muhafaza için istiflenen, ürün yığınlarının "özgün yüzeysel buharlaşma efekti" (m^2/ton)

Donmuş sığır etleri için f = 12 m^2/ton

Domuz için f = 11 "

Koyun için f = 20 "

β - Ürünlerin "yüzeysel buharlaşma katsayısı" (gr/m^2 h mm Hg)

Bu değer donmuş et için:

İyi beslenen soğutucu ortamda β = 3.9

Buzda β = 6.2 (gr/m^2 mm Hg)

Olarak denklemlere uygulanırlar.

2. 10. 16. Oda sıcaklığı ile soğutucu donatımın sıcaklık farkları

Oda sıcaklığı ile, soğutucu donatımın (cihazların) sıcaklıkları arasındaki fark: ($t - t_0 = 10^0$C ve W = 0 kabul edildiğine göre):

Donmuş etin kuruma (ağırlık = su kaybı) boyutu, muhafaza odasına giren ısının, her bir kilo kalorisi başına gram olarak (gr/kcal) (Çizelge2.11) de gösterilen, norm değerlerinden alınır.

Çizelge 2.11. Sıcaklık farkına göre, soğutucu donatımın tiplerine göre norm tablosu (Suntur, 1982)

Soğutucu donatımın tipi	ΔG/Q, gr/kcal $t = -10^0C$	ΔG/P, gr/kcal $t = -18^0C$
Yaş tip hava soğutucularında	0.28	0.39
Kuru tip hava soğutucularında	0.20	0.35
Dokuz tane kanatlı – borulu tavan bataryalarında	0.18	0.32
6 x 8 boru demetinden oluşan, tavan soğutucuda	0.17	0.30
10 borudan, tek sıra duvar bataryasında	0.15	0.27
18 borudan, tek sıra tavan bataryasında	0.14	0.26

Donmuş ürünlerde, kurumanın, miktarının hesaplanmasında, yaklaşık olarak sonuç verdiği bilinen başlıca metod, ürünün kendisini saran çevre havasından aldığı ısı ile, nemin süblimasyonu için gereken, ısının ortalama termik ısı dengelemelerinin yapılmasıdır.

$\Delta\beta rc = \alpha'(t - tf)\, F\tau$, (kcal)

" Eş. 2.10" uncu yukarıdaki denklemden elde edilen buharlaşan nem "ΔG", ürünün toplam ağırlığı "G" nin yüzdesi = Δg olarak saptanmak isteniyorsa,

"Eş. 2.10" uncu denklemdeki (t – tf) sıcaklık farkı, aşağıdaki denkleme göre, psikrometrik sıcaklık fark olan ($t - t_M$) olarak uygulanırsa "Δg" elde edilir.

$$\Delta g = [(\alpha.F.\tau/r_c \,.\, G) \,.\, (\mu\,(100 - \varphi)\,(24' + t) / 48 \,.\, c)\,] \,.\, (\,100\,\%)$$

burada: "μ" hava hızına bağımlı katsayı olup:

3 m/sec hava hızında "μ" = 1.0

0.2 m/sec hava hızında "μ" = 0.85

Etken basınç yokluğunda "μ" =0.65 olarak uygulanır.

"Eş 2.11" inci denklemde sunulan kuruma, genel muhafaza koşullarında ve süresinde, ürünün istifteki, buharlaşma fonksiyonundan ileri gelen buharlaşmadır.

Burada, kurumayı etkileyici, (oda ısı kazancının boyutu, ürünün yüzey sıcaklığı, yüklemenin yoğunluğu, istifin boyutu gibi), faktörler göz önüne alınmamıştır.

Muhafaza koşullarına uygun "geçirmezlik" ile, ürünün çevresinde (ürünü kaplayan) geçirmezliğe uygun bir zarf meydana getirmekle, kurumayı azaltma olanağı vardır.

Boşluklarında buzun kristallenmesi ya da yeniden kristallenmesinde "kristalizasyonda", değişken boyutlara dağılan buz kristali oluşumu, yeniden

bölünmelerle, biyolojik prosesler sonucunda, ürünün histolojik yapısını muhafaza prosesi sırasında değiştirir.

Bu biyokimyasal değişmeler sonucunda, dokular esnekliklerini kaybederek gevşer ve kabarırlar.

Gevşemelerde – kabarmalarda, yeniden donduruluşlarda, dokular buz kristalleşmesi olanağı ile yeniden kristalleşme özelliğini kaybederler.

Yüksek, dengesiz oynak sıcaklık, donmuş ürünün, kristalleşmiş yapısını değiştirdiğinden, bu durum muhafaza koşullarına elverişli değildir. Çok yüksek basınç sayesinde, buz kristalleri, küçük ve sık taneli olarak oluşur. Büyük taneli kristallere kıyasla, buharlaşma, belirli boyuttaki, küçük sık taneli kristaller üzerinde daha yavaş ve ağır ağır olur.

Zaman zaman "periyodik" yükselen sıcaklığın etkisi ile küçük buz kristalleri gevşeyerek erir.

Gevşeyen nem, (osmotic = ozmotik) geçişme basıncı gücü farkından ötürü, iri taneli kristaller arasındaki hücrelere dağılarak, bu hücrelerin ölçülerini genişletir.

(-10^0C) dan, aşağı muhafaza sıcaklıklarında, bu fenomen, önemsizdir. Çünkü, donmuş durumun "solid state" muhafaza sınırı -10^0C dır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1- Kuvvetli hava soğutulması, ürünlerin büyük çoğunluğuna adapte edilebilir. Bu yöntem ambalajlar arasında daha iyi bir soğuk hava hareketi sağladığı için, büyük ölçüde zor soğutma problemlerini çözebilir. Sistem, soğuk hava ile sıcak ürün arasında içten temas vasıtasıyla hızlı bir soğuma sağladığı için ambalaj delikleri arasında kuvvetli hava hareketi sağlayan hafif bir basınç değişimi meydana getirir. Uygun bir dizayn ile, ürün ambalaj veya paletlerinin arasında hızlı ve üniform bir soğutma oluşturulabilir. Bu yöntem, küçük ölçekli işlemlere çok iyi adepte edilebilir. Kuvvetli hava hızı, ürün üzerinden geçen soğuk havanın hacmi ayarlanarak kontrol edilmektedir. Ancak, ambalajlar arasından geçen hava hacmi arttıkça istenen statik basınçta artmakta, bu da fanın enerji tüketimini yükseltmektedir. Benzer şekilde havanın geçtiği ambalajların arttırılması, bunların boşlukları arasından geçen toplam hava hacmini arttırmaktadır. Bu sistemde, su kaybı ve büzülme oda soğutmanınkinden fazla olduğundan, yüzey kurumasına duyarlı ürünler için yüksek nispi nem sağlama ihtiyacı duyulabilmektedir. Özel ihtiyaçlara göre çeşitli soğutma sistemleri kullanılabilir. Soğutma tesisatlarını kuvvetli hava soğutmasına çevirmek, yeterli soğutma kapasitesi ve yüzeyi sağlanırsa, basit ve ucuzdur.

2- Mongelli (1983)'te 4 çilek, 3 elma ve 4 kiraz çeşidinde yapmış olduğu çalışmada, hava hızı 1,5 – 6 m/s, sıcaklığı 2^0C ve nispi nemi %80-85a olan yönlendirilmiş hava tünelinde soğutulan ürünlerde, normal oda soğutmasına göre ağırlık kaybının daha az olduğunu göstermiştir.

3- Araçta hızlı bir ön soğutma uygulanması meyvelerde oldukça yaygın bir uygulamadır. Soğutucu bir arabada bulunmakta ve ürünlere yükleme sonrası uygulanmaktadır. Meyvelerin yaklaşık %60'lık ısı yükü bu

yöntemle soğutulmaktadır. Taşınabilir fanlar soğutucu araca yerleştirilir ve her aracın sonundaki, buzların bulunduğu kısımdan meyve yığınına doğru hava sirkülasyonu oluşturulur. Burada fanlar çok kuvvetli olmalıdır. Bunların çalışma basınçları, birim araba için 142 – 173 m^3/dk olarak belirlenmiştir (Ryall ve Pentzer, 1982).

4- Kuvvetli hava tünelinde paletler, fanın her iki tarafına boş bir koridor oluşturacak şekilde yerleştirilir. Koridorun açık ucu ve üstü, hava tüneli yapmak için kapatılır. Fan, tünel içinde negatif hava basıncı oluşturur. Odadan alınan soğuk hava, paletler arası boşluklardan, ürünler arasındaki ısıyı alacak şekilde düşük hava bölgesine hareket eder. Hava hareketi uygun olduğu zaman ve ambalajlar sıralar arasında boşluklar kalacak şekilde tam bir yığın halinde yerleştirildiğinde, üzüm, erik, şeftali ve kirazlar 12 saatte 5 – 7^0C'ye soğumaktadır (Ryall ve Pentzer, 1982).

5- Smock ve Blanpled, depolama alanına getirilmiş elmaların bahçe sıcaklığının yarısını uzaklaştırmada 15-20 dakikalık su ile önsoğutmanın yeterli olduğunu, tüm bahçe ısısının ise 1 saatte uzaklaştırılabileceğini göstermişlerdir. Fransız ölçülerine göre 20^0C'deki elmaların, 15 dakikalık bir sürede 5^0C'ye düşürülebileceği ortaya çıkmaktadır (Csass ve Tomesany, 1993).

6- Oda bir hafta sonu boyunca yükü tutacak kadar yere sahiptir. Meyve soğutulacağı yerde depolanabilir. Yük yığınını daha hızlı soğutma altındakinden daha azdır. Yoğun derim zamanında meyve ambalajlanmadan önce bu odalarda tutulabilir. Dizayn ve çalışması basit, bunlar oda hızla soğutmanın bazı avantajlarıdır. Yavaş soğutmanın ana avantajları ise: özellikle fiber tahta kutularda güçlü hava soğutmasına göre olgunlaşma daha iyi olmakta, sıcak meyvedeki gibi soğuk meyve üzerindeki nem yoğunlaşması daha az olmaktadır (Ryall ve Pentzer, 1982).

7- Oda soğutulması, ürünün depolanacağı yerde soğutulmasına imkan vermekte ve böylece ürünlere daha az işlem uygulanmaktadır. Buna rağmen, iyi yönetilen bir depoda hızlı bir soğutma için ihtiyaç duyulandan daha fazla yer gerekmektedir. Böyle durumlarda, alanı daha iyi kullanmak için yeniden işlemeye gerek duyulabilir.

8- Schmidt kirazları 1 gt'lık odun kutularda –0,6 ile 1,7^{0}C arasındaki kuvvetli dalgalı havada soğutulmuşlardır. Yaklaşık 770 cfm hava dalgalarındaki meyveler 30-50 dakikada tamamen soğutulabilmişken, dalgasız havada bu meyvelerin soğutulması için ilave 7 saat daha gerekli olmuştur. Soğutma sırasında nem kapsamındaki düşmeler, dalgalı havada en küçük, dalgasız havada ise en büyüktür (Teskey ve Shoemoker, 1978).

9- Taşıma ve depolamadan önce bahçe sıcaklığını hızla düşürmek, kolay bozulabilir ürünler için önem taşır. Sıcak ortamda zararlı etkiler çok hızlı geliştiğinden, hasat sonrası ürün sıcaklığının daha çabuk kaldırılması depolamada iyilik, pazarlamada ise uzun süre getirir (Wright ve ark., 1968).

10- Depolamada diğer önemli bir faktör hava hareketinin iyi ayarlanmasıdır. Depo içerisindeki fazla hava hareketi ürünün etrafında bulunan ince hava tabakasının kaybolmasına yol açar. Armutlar için önerilen hava hareketi 1-0,5 m/s'dir (İlhami Köksal).

11- Dezavantajları: Ürünlerin büyük çoğunluğu için oldukça yavaştır. İyi bir depolama için daha çok yere ihtiyaç duyar. Aşırı su kaybına yok açabilir. Ambalajlı ürünlerde soğutma günler olabilir. Fakat soğuk havaya iyi bir şekilde maruz bırakılan ambalajsız ürünler için hızlı bir soğutma yapılabilmektedir. Örneğin buketler halindeki demet çiçekler 15 dakikada

soğutulabilirken, palet üzerindeki kutularda ambalajlanmış aynı çiçeklerin soğutulması günler alır (Mitchell, 1992).

12- Genellikle ürünü soğukta tutmak için yapılmış depo odaları hızlı soğutma için gerekli hava hareketine ve soğutma kapasitesine sahip değildir. Bu işlem birkaç yöntem ile yapılır. Bu yöntemler hava, su, buz gibi faktörler yardımıyla ürünlerdeki sıcaklık hızla uzaklaştırılır. Meyvelerde ortak uygulama hava ile soğutmanın hızlandırılmasıdır. Yeterli bir soğutma için 1/2 saat veya 24 saatten fazla süre gerekebilir.

Herhangi bir ürünün soğuma hızı öncelikle aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

a. Ürünün yüzey-hacim ilişkisi

b. Soğuk ortam ile ürün arasındaki sıcaklık farkı

c. Soğutma ortamının hızı

d. Ürünün başlangıç ve son sıcaklıkları

Hızlı hava hareketi ile soğutma geniş olarak kullanılır (Wright ve ark., 1968).

13-Soğuk bir depolama kısmında veya önsoğutma odasında hızlı soğutma uygulamak: eski ve iyi düzenlenmiş bir uygulamadır. Meyve paketlendiğinde 15-75 ton kapasitedeki, önsoğutma odasına yerleştirilir. Üzümler ve sert çekirdekli meyveler için kullanılan odaların tümü, 15 tonluk araba yükü başına, yaklaşık170-225 m^3/dk'lık yeterli bir fan miktarı vermektedir. Ve meyveyi 12 saatte 5^0C düşürmek için yeterli soğutmaya sahiptir. Meyve odalarda daima gece bırakılır.

14-ARENDT araştırmaları neticesinde olgun meyvelerde meyve boyu, eni, sap ve boyun uzunlukları, şekli, kabuk ve meyve etinin kalınlığı ekonomik önemi olan nitelikleridir. İnce (0,3 – 0,5 mm) ve sulu reseptakı, geniş meyve eti ve olabildiğince küçük meyve içi boşluğu gerek sofralık, gerekse kurutmalık çeşitlerde aranan kalite niteliklerindendir. Kuru veya çok sulu (1,5 – 2 cm) reseptakı meyvede kaliteyi düşürmektedir. Meyvenin sap ve boyun uzunlukları derimde kabuğun zedelenmesini etkileyen veriler olduklarından önem taşımaktadır (Aksoy, 1981).

15-Yüksek hızlı soğutma meyvelerin solunum ve mikrobiyal faaliyetlerini azaltarak pazarlama sırasında kalitelerinin korunmasında etkili olmaktadır (Pantagtico, 1975).

16-Normal depo odaları hava hareketini kontrol ve istifleme düzenleri ile önsoğutma odasına dönüştürülebilirler. Normal soğutmaya göre 4-10 kez daha hızlı soğutma sağlanması daha büyük soğutma sistemi ve daha kuvvetli fan gerektirmektedir. Daha fazla soğutma amacıyla kullanılacak normal depolama için yapılmış büyük odalarda ayrı fanları olan bölmeler yapmak, soğutulan meyveyi yeni girecek meyveden ayırarak parti parti soğutmayı sağlaması, böylece sıcak meyvenin soğuk meyve üzerinde oluşturacağı nem kondanzasyonunu önlemesi bakımından gereklidir. Hızlı hava soğutucularında çok yüksek statik basıncı önlemek için ambalajlar genellikle çok yüksek statik basıncı önlemek için ambalajlar genellikle geniş istiflenmezler. Hava ile hızlı soğutma araçlarda taşıma sırasında yapılmaktadır (Ryall ve Pentzer , 1974).

17-Kiraz, kayısı ve elmaların teksel kutularda paletler üzerinde kuvvetli hava ile soğutulması denenmiş, elde edilen sonuçlara göre bu yöntemin oda soğutmasına göre 2,5 – 11 kat daha hızlı soğutma oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Soğutma hızı esasen kutudaki meyvenin durumuna bağlıdır.

Konveyör tipteki bir hızlı soğutma tünelinde 6,8 kg'lık kapaksız kutulardaki kirazlar 0,975 m/s'lik yüksek hava hızı kullanılarak 15 dakikada iyi bir şekilde soğutulabilir. Fakat kayısı ve şeftalide bu süre 30 dakika olmaktadır (Sainsbury).

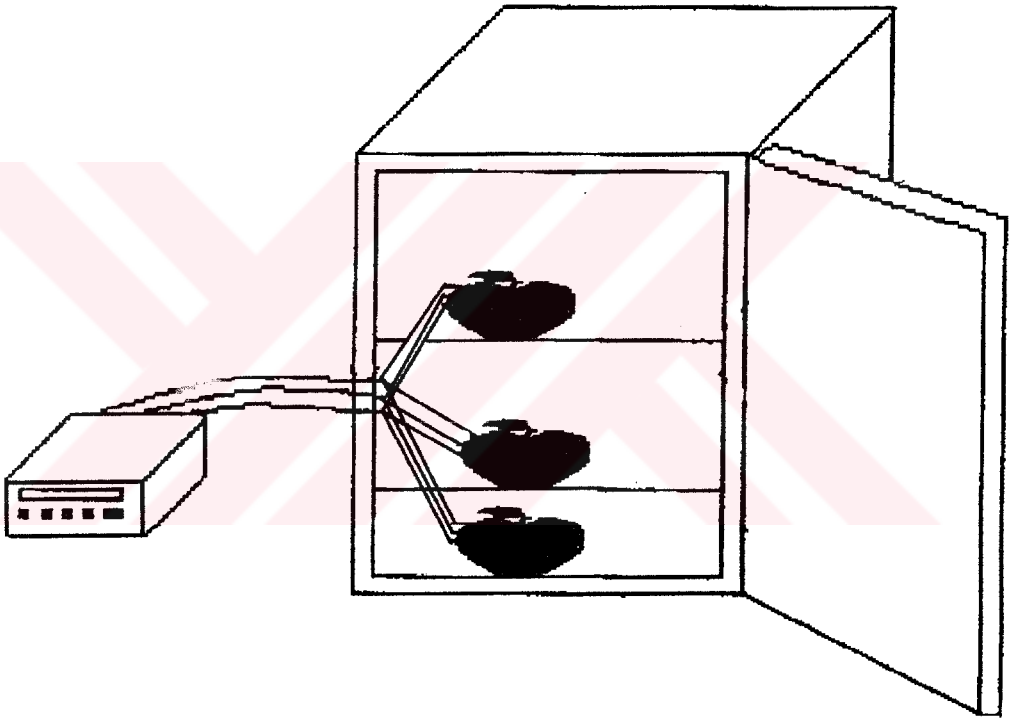
18-Turunçgil meyveleri su ile soğutulduklarında, artan bir kabuk zararı ve bozulmaya karşı duyarlılık kazanırlar. Oda soğutulması yeterince hızlı olduğu için, çok az sayıda elma su ile soğutulmaktadır. Şeftaliler ise, yaygın bir şekilde bu yöntemle soğutulur (Ryall ve Pentzer, 1982).

19-Kavunun dış kısmını klorlu su ile yıkayıp, suyu alındıktan sonra yatay dilimler halinde kesildi. Atmosfer ortamında 0^0C ile $7,5^0$C soğuk ortama verilmiştir. %15 CO_2 kullanılan ortamda terleme oranları, görünüm ve aroma, koku, renk, çürümeleri etüd edilmiştir. Yapılan incelemelerde düşük sıcaklık ortamında yapılan özelliklerin korunduğu görülmüştür (Sıddıgui et all, 1996).

4. MATERYAL VE METOT

4. 1. Deneyin Tesisinin Yapılışı

Şekilde görülen deney tesisi Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Enerji Anabilim Dalı'nda imal edildi.



Şekil 4.1. Deney Tesisi

Deney seti ana iskeletleri profilden dış kısımları sacdan yapılarak etrafına izolasyon malzemesi olarak poliüretan köpük sıkılmıştır. İzolasyonun üzerine tekrar sac malzemeden kaplandı.

İçeriye kanatlı evaporatör, dış tesise 1/6'lık kompresör (0,3 kw) bu kompresör gücüne bağlı olarak cebri hava soğutmalı lamelli tip kondanser yerleştirildi. Genleşme elemanı olarak kılcal boru kullanılmıştır. Sistemdeki soğutucu akışkanın temiz ve nemsiz olması için filtre-drayer takılmıştır.

Soğutulan kabinin kontrolü elle ayarlanabilen 5 kademeli termostat yardımıyla olmaktadır.

Sıcaklık ölçümleri digital 12 kanallı termometre cihazı ile yapıldı. Sıcaklık ölçümleri için Fe-constant malzeme E-SİZLTTRA tipi termo kupllarla 10 ayrı noktadan (şekil 4.2) yapıldı.

Deney setinin içinde evaporatöre bir iç kabin yapılarak içerisine bir fan monte edilmiştir. Bu fan ise oto trafosu diğer adıyla varyak (çıkışı ayarlanabilen AC güç kaynağı) ile kontrol edilmiştir.

4. 2. Deneyin yapılışı

Deney materyalleri olarak Greyfurt, portakal ve elma kullanılmıştır.

Termokupllar bütün materyallerde aynı sıra ve yere yerleştirilerek, numaralandırılmıştır.

T_1: Meyvenin merkez sıcaklığı

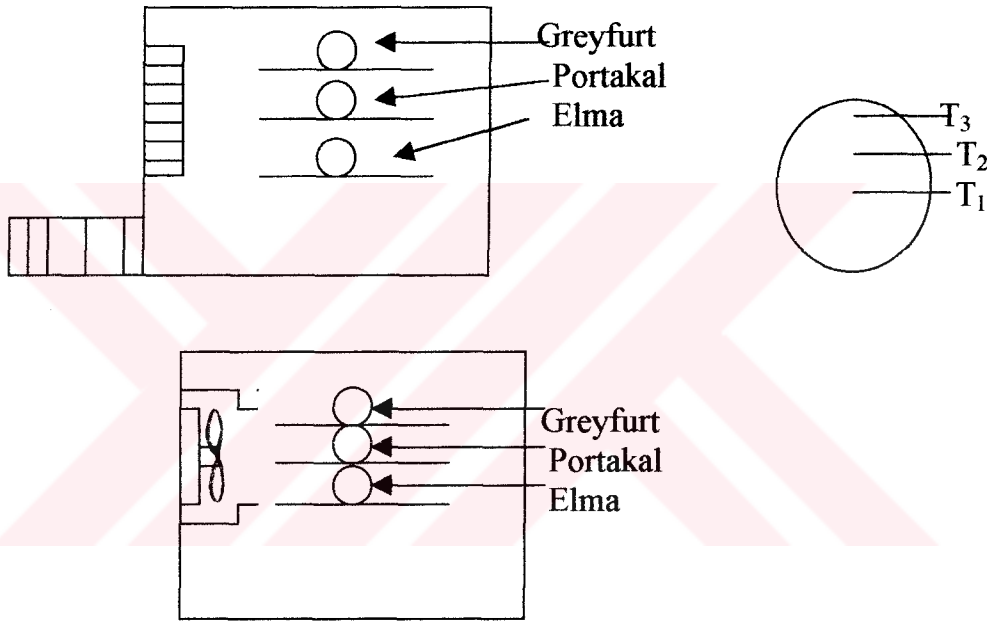
T_2: Meyvenin merkez ile kabuk arasındaki sıcaklığı

T_3: Meyvenin tam kabuk altındaki sıcaklığı

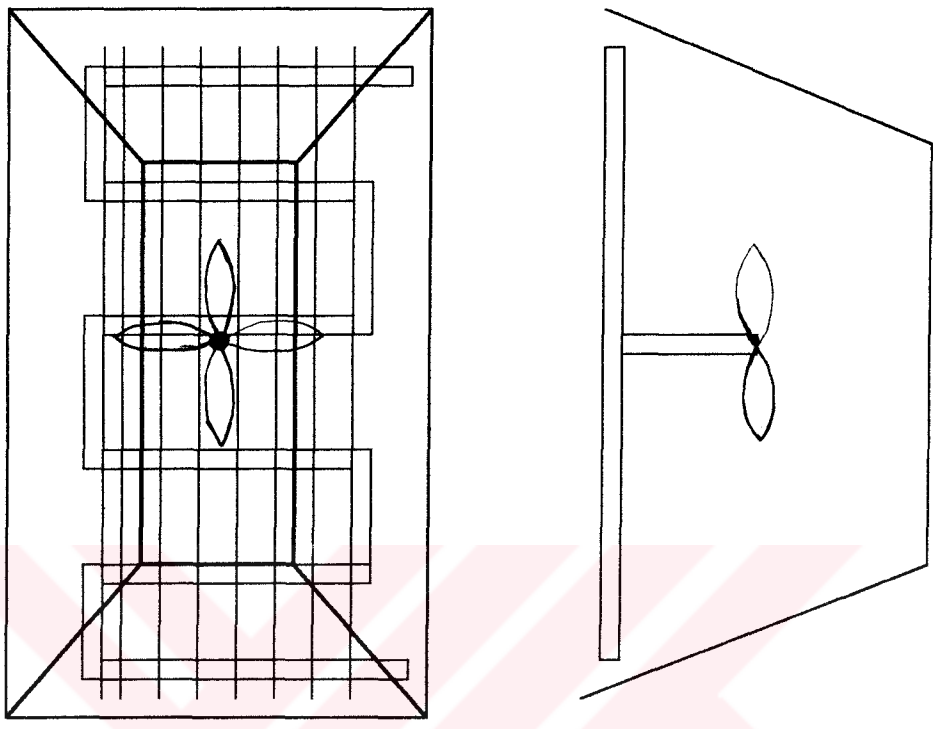
T_{10} : Kabin iç sıcaklığı.

Deney boyunca kullanılan meyvelerin hacim, ağırlık ve yüzeylerinin eşit ve aynı sıcaklıkta olması sağlanmıştır.

Deneyin ilk aşamasında evaporatörün içine yapılan iç kabin ve fan sökülerek tabii evaporatör şeklinde kullanılmıştır (Şekil 4.2). Deneyin ikinci aşamasında evaporatöre iç kabin ve fan yerleştirilmiş. Fan hız kontrolü dışarıdan yapılmıştır. Fan hızı 6 ayrı kademede kontrol edilmiştir.



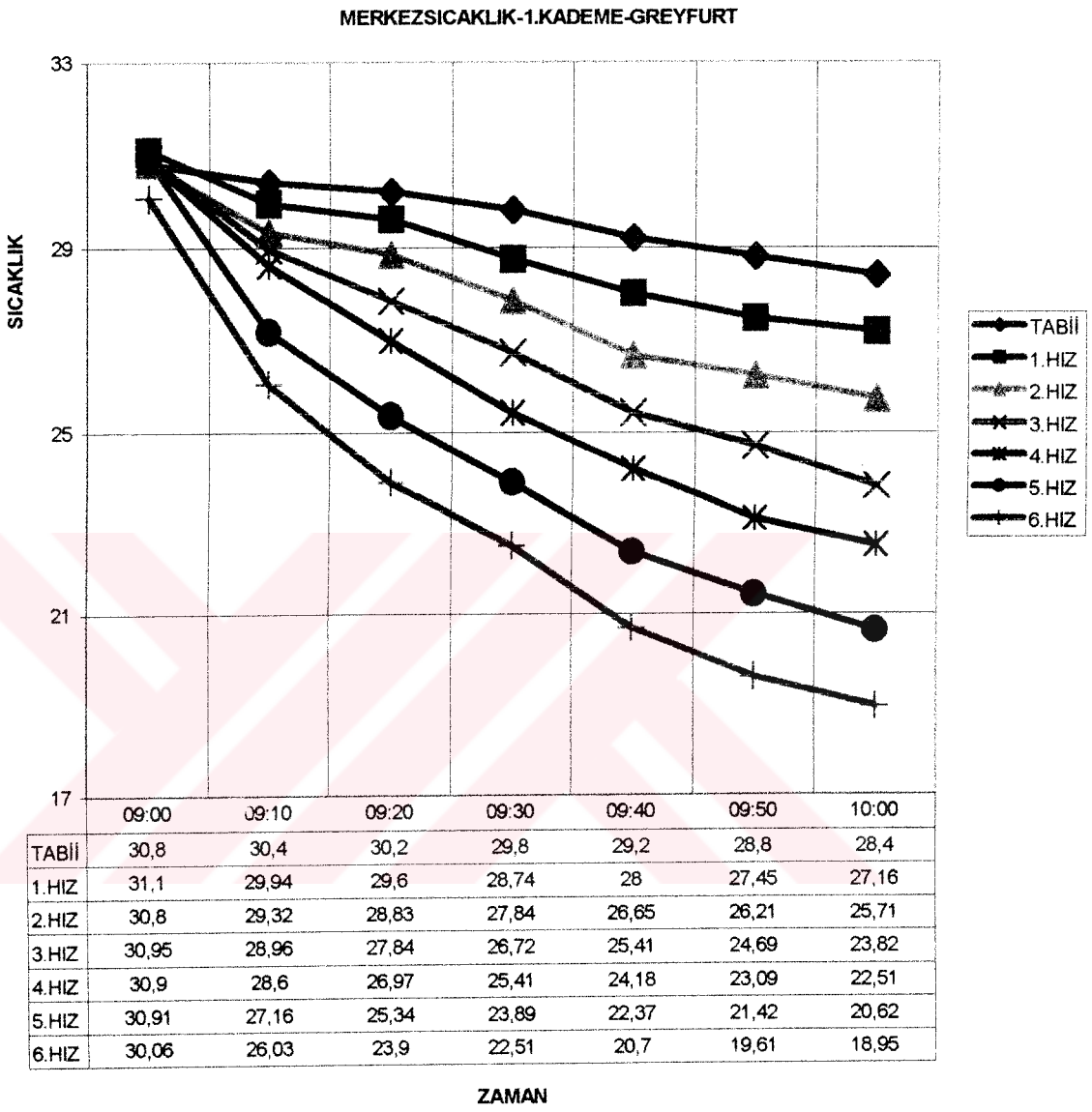
Şekil 4.2.Deney tesisinin tabii ve cebri soğutma durumları



Şekil 4.3. Sıcaklık Ölçümleri

Sıcaklık ölçümleri her kademe ve hız için birer saat üzerinden 10'ar dakika aralıklarla alınmıştır.

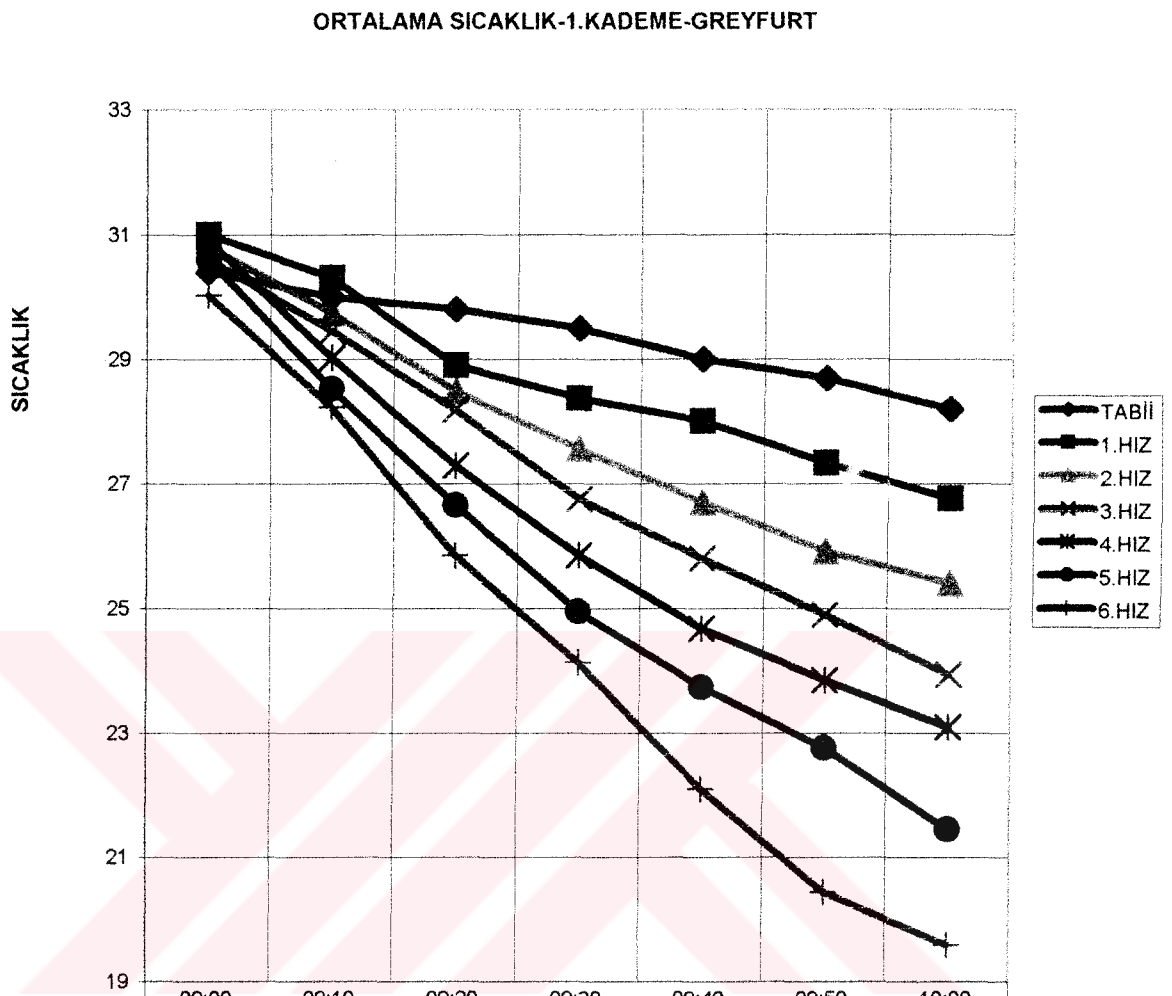
Deney sonuçları ve bunlara göre grafikleri verilmiştir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,8	30,4	30,2	29,8	29,2	28,8	28,4
1.HIZ	31,1	29,94	29,6	28,74	28	27,45	27,16
2.HIZ	30,8	29,32	28,83	27,84	26,65	26,21	25,71
3.HIZ	30,95	28,96	27,84	26,72	25,41	24,69	23,82
4.HIZ	30,9	28,6	26,97	25,41	24,18	23,09	22,51
5.HIZ	30,91	27,16	25,34	23,89	22,37	21,42	20,62
6.HIZ	30,06	26,03	23,9	22,51	20,7	19,61	18,95

Şekil 4.4. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un merkezdeki sıcaklık dağılımı

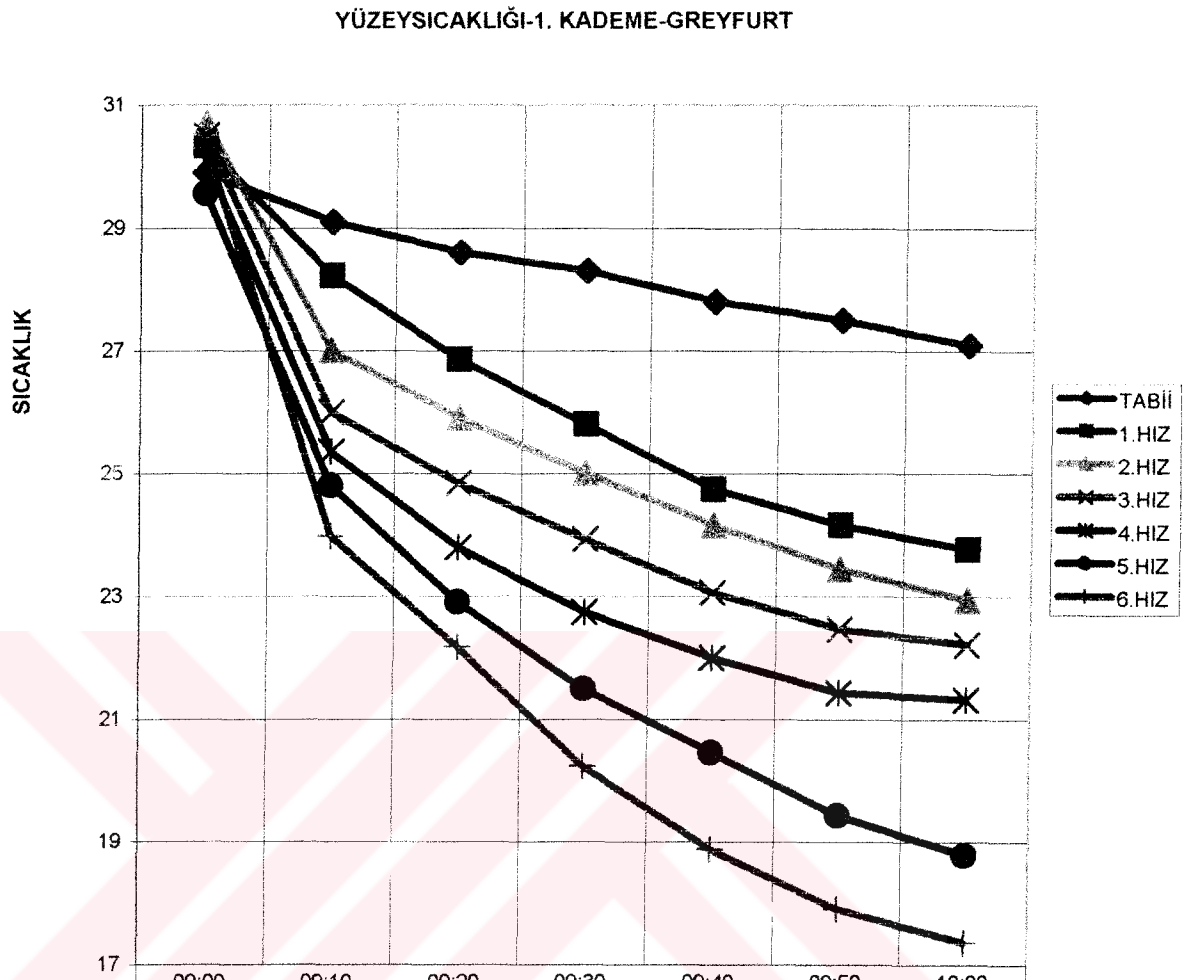
Şekil 4.4.'de görüldüğü gibi sıcaklık dağılım tabii'de daha yavaş ve hızlara göre düşük sıcaklıkta seyretmektedir. Fan hızı arttıkça sıcaklık düşmesi daha hızlı gerçekleşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,4	30	29,8	29,5	29	28,7	28,2
1.HIZ	31	30,3	28,9	28,37	28	27,33	26,76
2.HIZ	30,79	29,74	28,48	27,55	26,7	25,91	25,4
3.HIZ	30,6	29,45	28,19	26,76	25,8	24,9	23,94
4.HIZ	30,9	29,02	27,29	25,85	24,67	23,84	23,09
5.HIZ	30,6	28,52	26,65	24,95	23,73	22,75	21,45
6.HIZ	30,03	28,23	25,85	24,13	22,1	20,44	19,59

Şekil 4.5. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

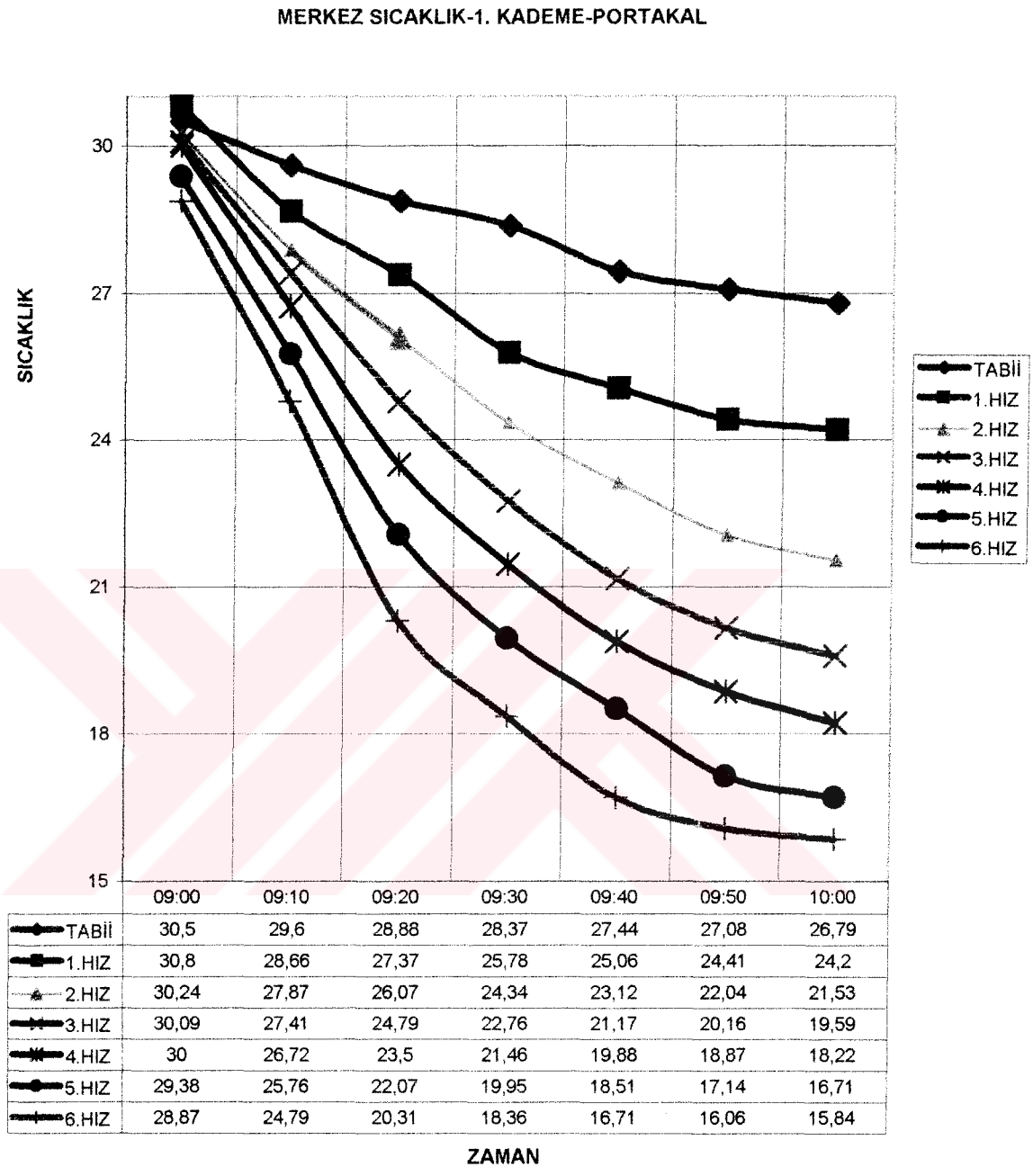
Şekil 4.5.'de görüldüğü gibi yüzey ile merkez arasındaki mesafede yapılan sıcaklık ölçümlerinde, merkezdeki ölçümlere nazaran sıcaklık biraz daha düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	29,1	28,6	28,3	27,8	27,5	27,1
1.HIZ	30,33	28,22	26,86	25,8	24,74	24,16	23,77
2.HIZ	30,7	27	25,9	25	24,16	23,44	22,94
3.HIZ	30,5	26	24,85	23,93	23,06	22,47	22,22
4.HIZ	30,1	25,35	23,8	22,74	22	21,43	21,32
5.HIZ	29,56	24,8	22,9	21,49	20,46	19,43	18,78
6.HIZ	30,3	23,98	22,18	20,24	18,88	17,91	17,36

Şekil 4.6. Birinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı

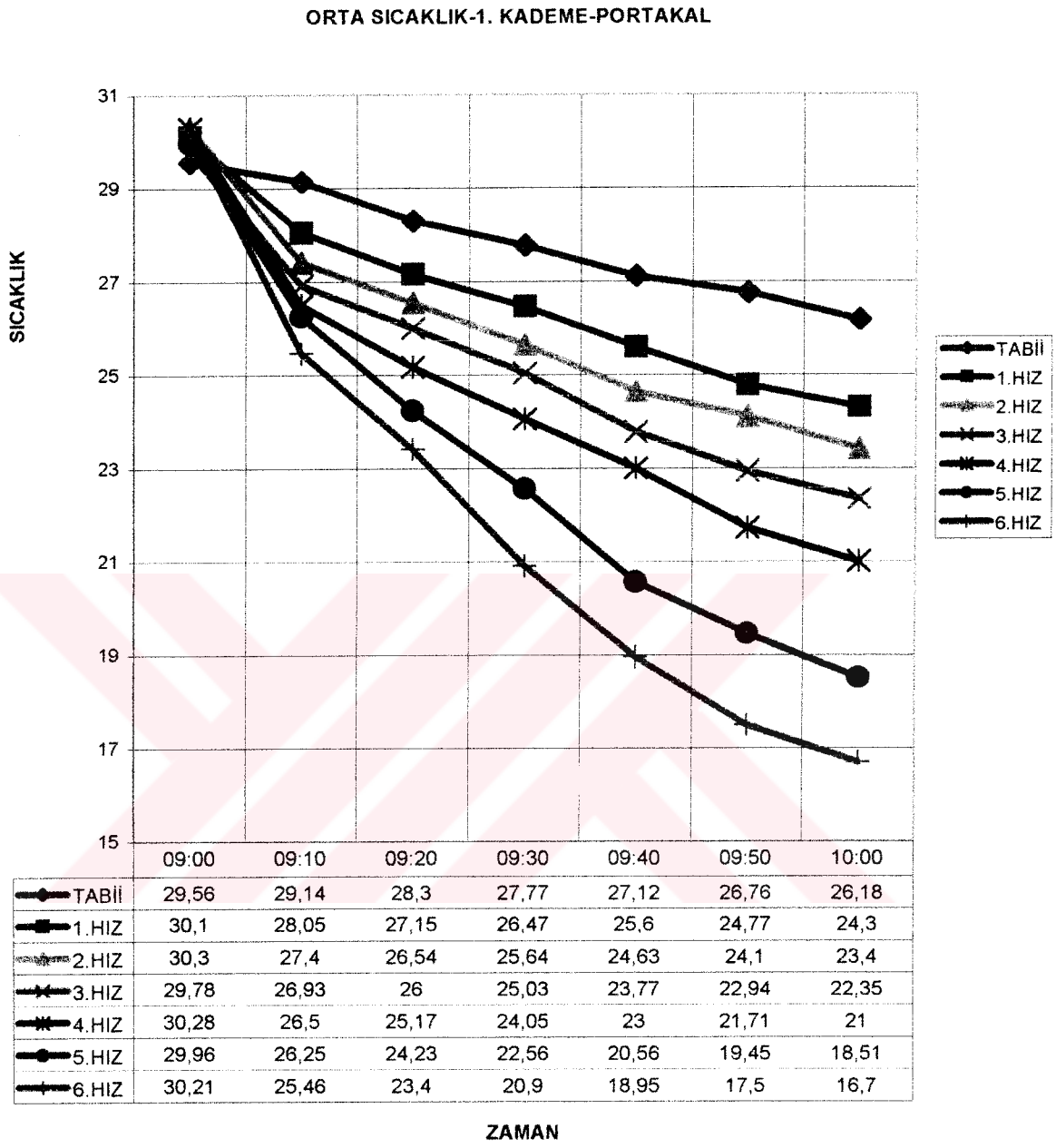
Şekil 4.6.'de görüldüğü gibi kabuğun hemen altından alınan sıcaklık merkez ve ortalama sıcaklığa göre daha düşmektedir. Bunda yüzey/hacim ilişkisinin önemi vardır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,5	29,6	28,88	28,37	27,44	27,08	26,79
1.HIZ	30,8	28,66	27,37	25,78	25,06	24,41	24,2
2.HIZ	30,24	27,87	26,07	24,34	23,12	22,04	21,53
3.HIZ	30,09	27,41	24,79	22,76	21,17	20,16	19,59
4.HIZ	30	26,72	23,5	21,46	19,88	18,87	18,22
5.HIZ	29,38	25,76	22,07	19,95	18,51	17,14	16,71
6.HIZ	28,87	24,79	20,31	18,36	16,71	16,06	15,84

Şekil 4.7. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın merkez sıcaklık dağılımı

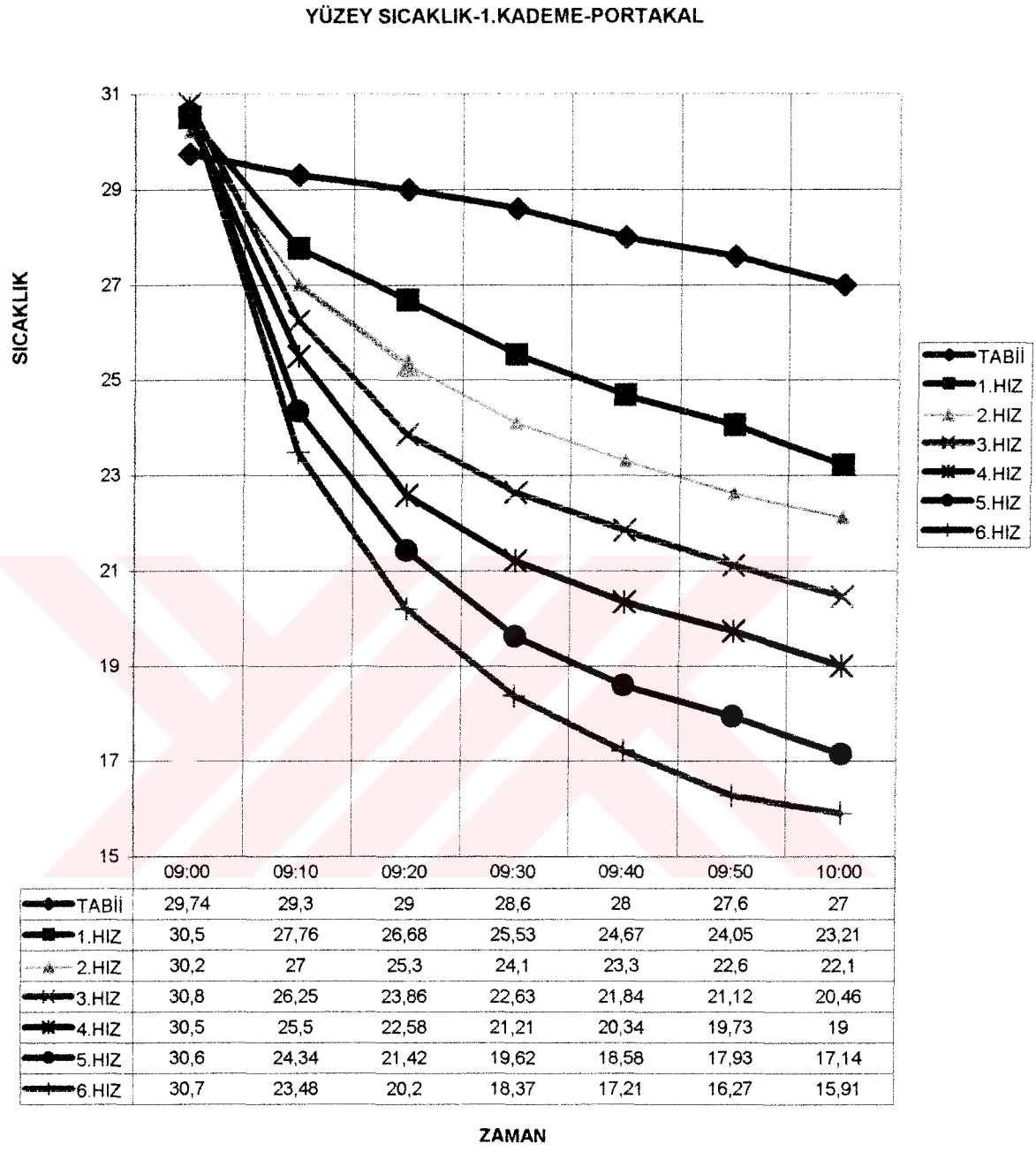
Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi portakaldaki sıcaklık düşmesi greyfurta göre daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni meyvenin lif yapısının farklı olmasıdır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,56	29,14	28,3	27,77	27,12	26,76	26,18
1.HIZ	30,1	28,05	27,15	26,47	25,6	24,77	24,3
2.HIZ	30,3	27,4	26,54	25,64	24,63	24,1	23,4
3.HIZ	29,78	26,93	26	25,03	23,77	22,94	22,35
4.HIZ	30,28	26,5	25,17	24,05	23	21,71	21
5.HIZ	29,96	26,25	24,23	22,56	20,56	19,45	18,51
6.HIZ	30,21	25,46	23,4	20,9	18,95	17,5	16,7

Şekil 4.8. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı

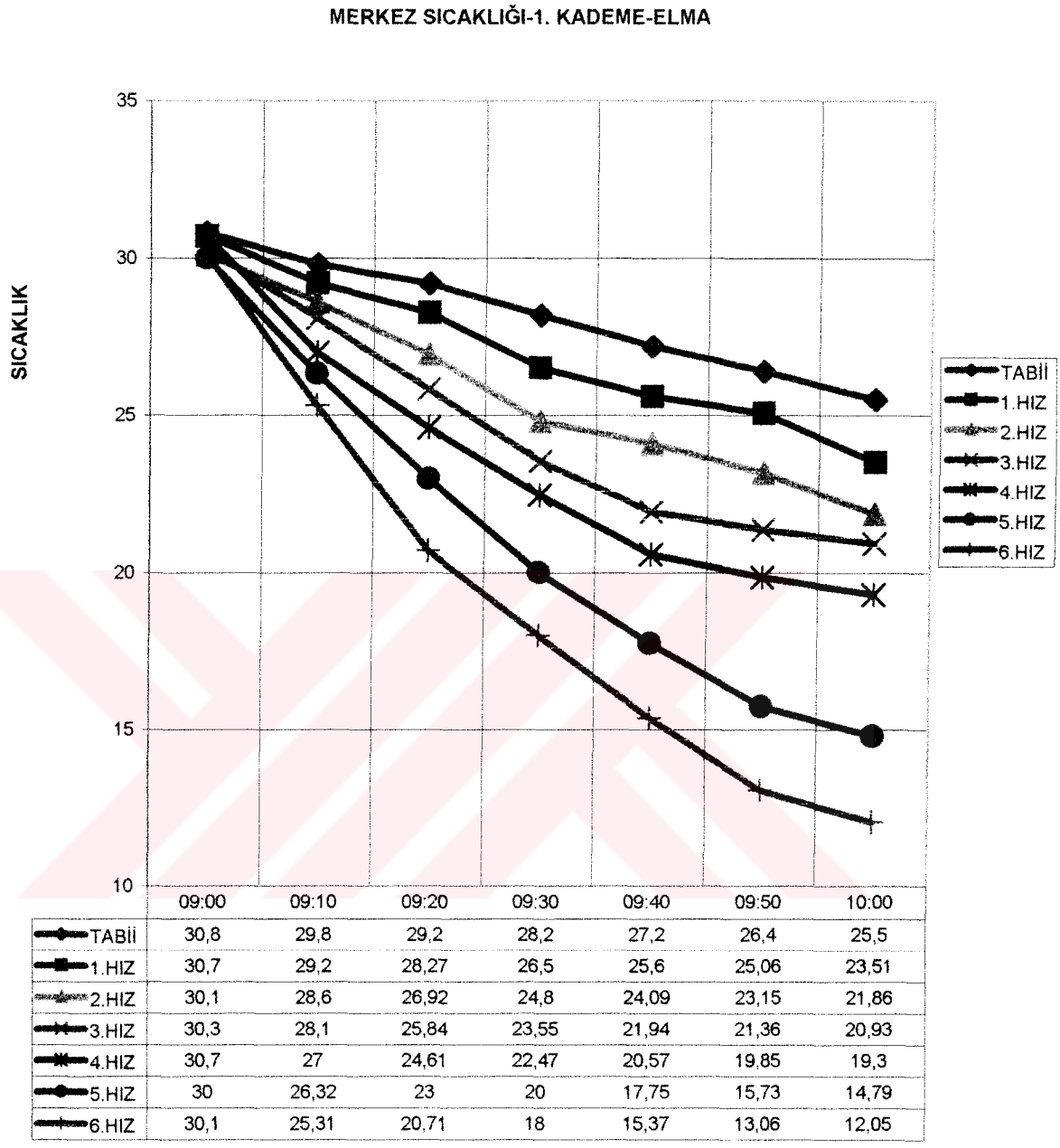
Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi sıcaklık dağılım ilk zamanda hızlı bir düşüş gösterirken bir saatlik zaman diliminin sonuna doğru yavaşlayarak sabit düşüş başlamaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,74	29,3	29	28,6	28	27,6	27
1.HIZ	30,5	27,76	26,68	25,53	24,67	24,05	23,21
2.HIZ	30,2	27	25,3	24,1	23,3	22,6	22,1
3.HIZ	30,8	26,25	23,86	22,63	21,84	21,12	20,46
4.HIZ	30,5	25,5	22,58	21,21	20,34	19,73	19
5.HIZ	30,6	24,34	21,42	19,62	18,58	17,93	17,14
6.HIZ	30,7	23,48	20,2	18,37	17,21	16,27	15,91

Şekil 4.9. Birinci kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı

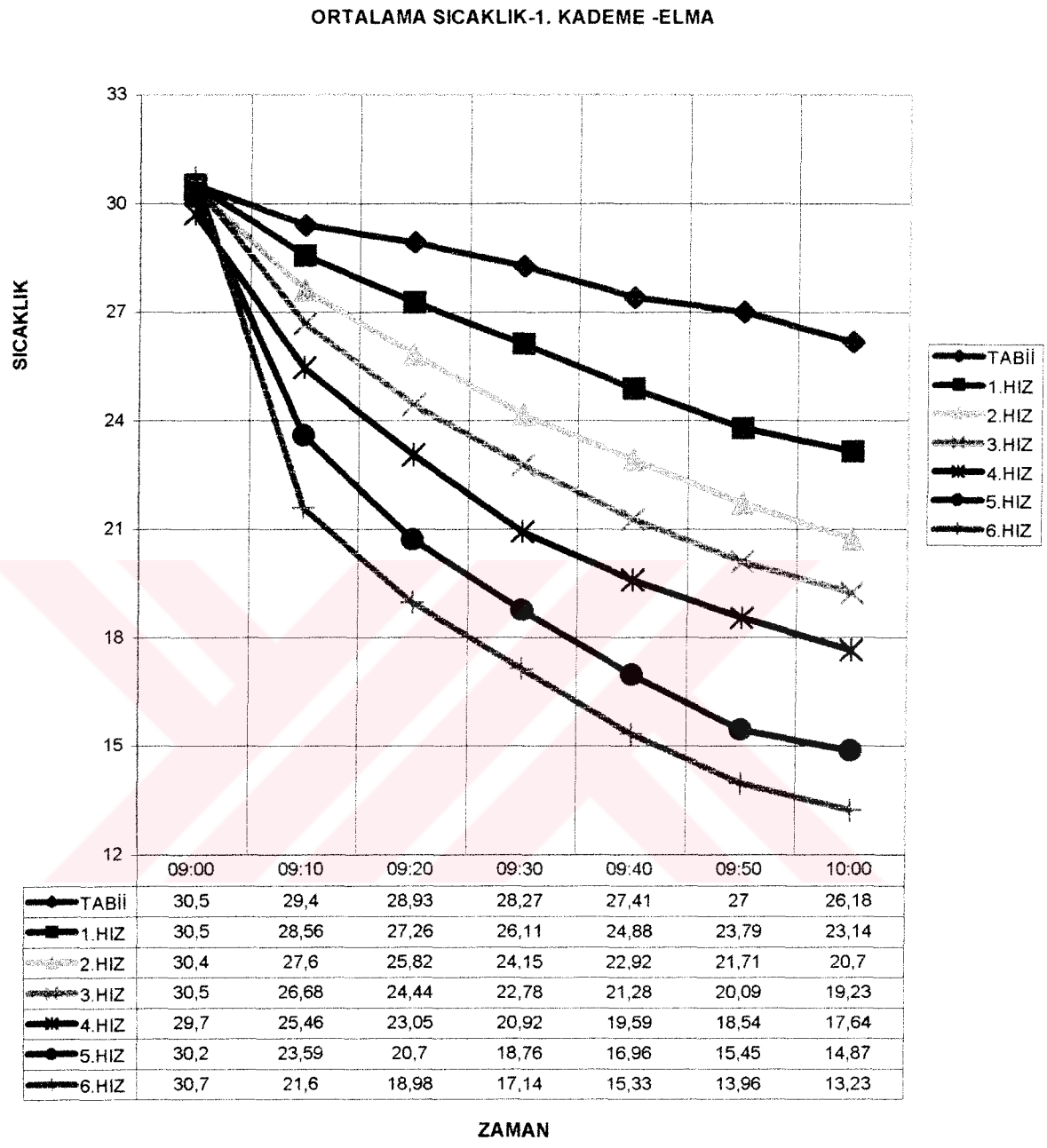
Şekil 4.9.'de görüldüğü gibi sıcaklık dağılımı tabiide yavaş yavaş düşüş gösterirken diğerlerinde bir saatlik zaman diliminin sonuna doğru yavaşlayarak sabit düşüş başlamaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,8	29,8	29,2	28,2	27,2	26,4	25,5
1.HIZ	30,7	29,2	28,27	26,5	25,6	25,06	23,51
2.HIZ	30,1	28,6	26,92	24,8	24,09	23,15	21,86
3.HIZ	30,3	28,1	25,84	23,55	21,94	21,36	20,93
4.HIZ	30,7	27	24,61	22,47	20,57	19,85	19,3
5.HIZ	30	26,32	23	20	17,75	15,73	14,79
6.HIZ	30,1	25,31	20,71	18	15,37	13,06	12,05

Şekil 4.10. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı

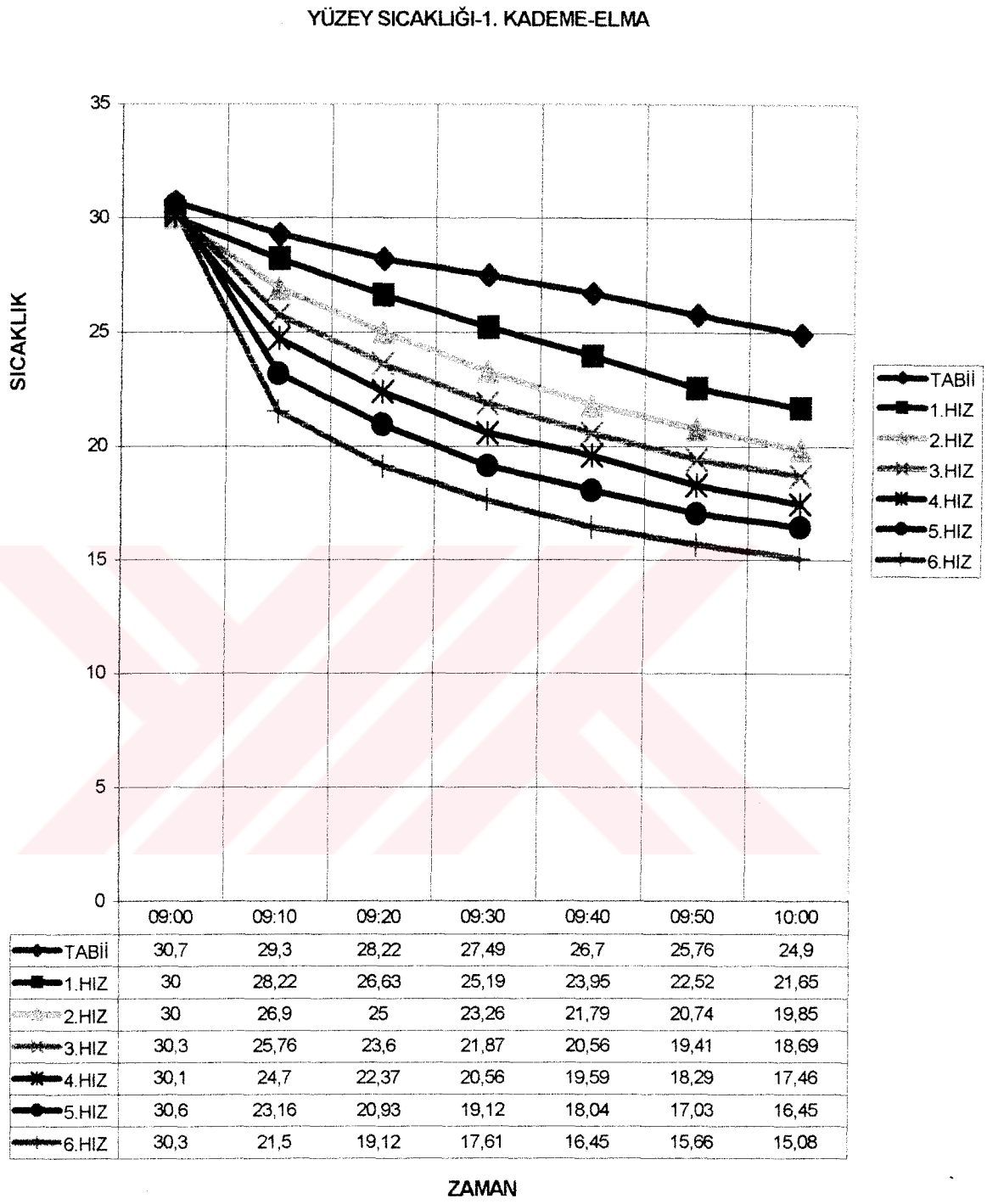
Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi elma'da elde edilen sıcaklık düşmesi Greyfurt ve Portakala göre daha fazla olmaktadır. Bu özellik bütün kademe ve hızlarda aynı şekilde olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,5	29,4	28,93	28,27	27,41	27	26,18
1.HIZ	30,5	28,56	27,26	26,11	24,88	23,79	23,14
2.HIZ	30,4	27,6	25,82	24,15	22,92	21,71	20,7
3.HIZ	30,5	26,68	24,44	22,78	21,28	20,09	19,23
4.HIZ	29,7	25,46	23,05	20,92	19,59	18,54	17,64
5.HIZ	30,2	23,59	20,7	18,76	16,96	15,45	14,87
6.HIZ	30,7	21,6	18,98	17,14	15,33	13,96	13,23

Şekil 4.11. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı

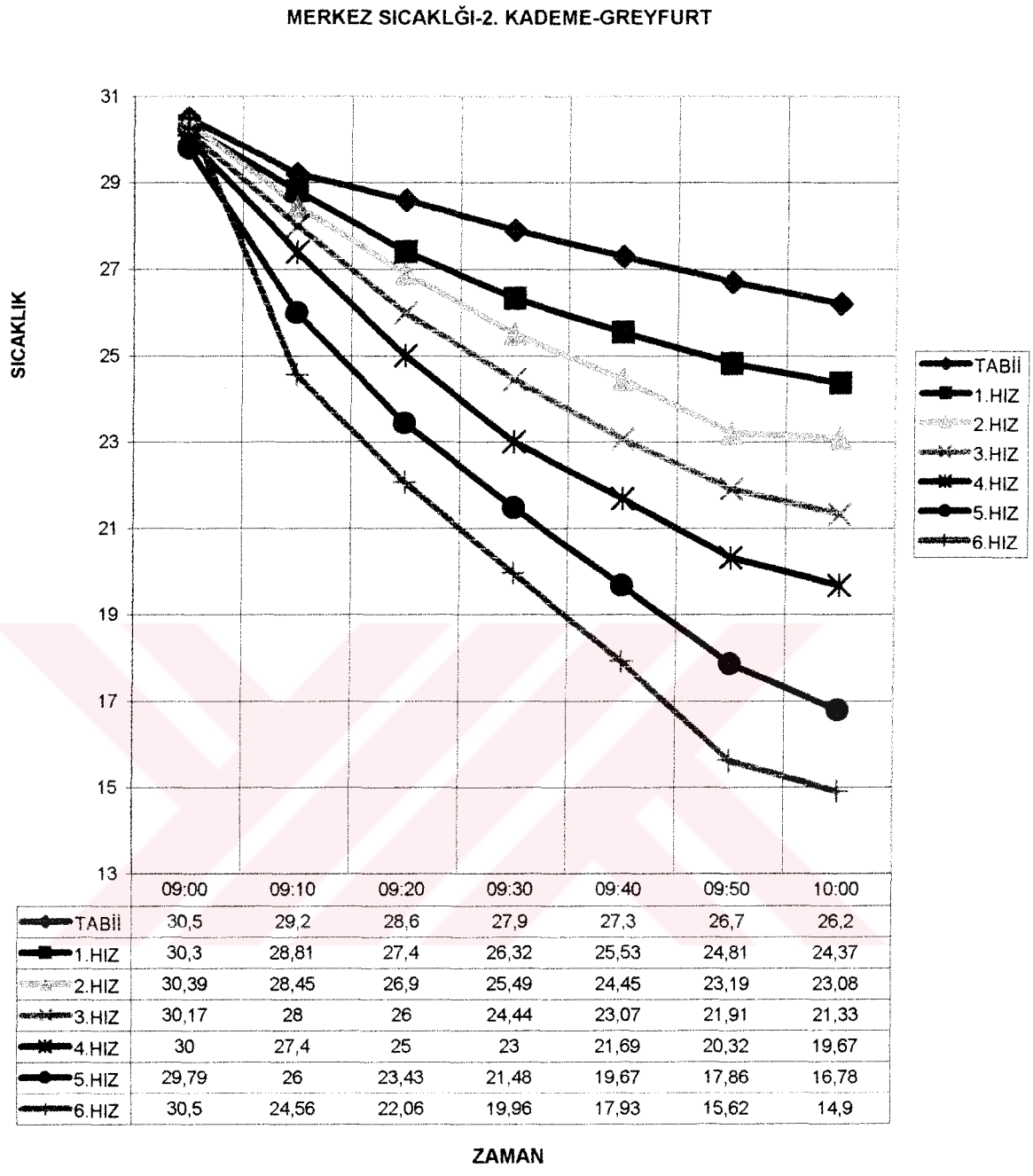
Şekil 4.11.'de görüldüğü gibi elma'da elde edilen sıcaklık düşmesi 15 dakikalık sürenin sonunda daha hızlı olmaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,7	29,3	28,22	27,49	26,7	25,76	24,9
1.HIZ	30	28,22	26,63	25,19	23,95	22,52	21,65
2.HIZ	30	26,9	25	23,26	21,79	20,74	19,85
3.HIZ	30,3	25,76	23,6	21,87	20,56	19,41	18,69
4.HIZ	30,1	24,7	22,37	20,56	19,59	18,29	17,46
5.HIZ	30,6	23,16	20,93	19,12	18,04	17,03	16,45
6.HIZ	30,3	21,5	19,12	17,61	16,45	15,66	15,08

Şekil 4.12. Birinci kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı

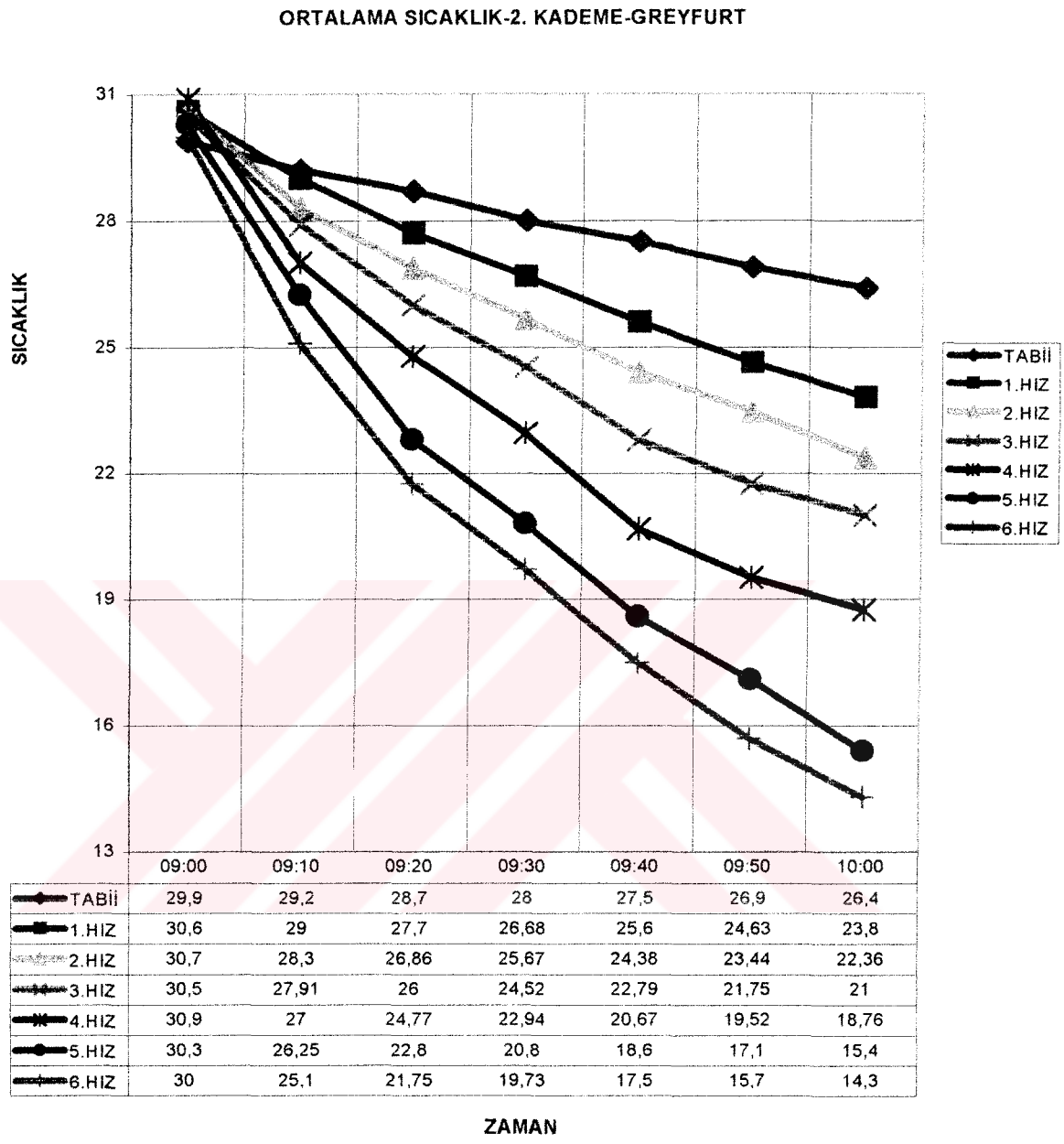
Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi elma'da yüzey sıcaklık düşmesi 1 saatlik sürenin sonunda yavaş ilerlediği görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,5	29,2	28,6	27,9	27,3	26,7	26,2
1.HIZ	30,3	28,81	27,4	26,32	25,53	24,81	24,37
2.HIZ	30,39	28,45	26,9	25,49	24,45	23,19	23,08
3.HIZ	30,17	28	26	24,44	23,07	21,91	21,33
4.HIZ	30	27,4	25	23	21,69	20,32	19,67
5.HIZ	29,79	26	23,43	21,48	19,67	17,86	16,78
6.HIZ	30,5	24,56	22,06	19,96	17,93	15,62	14,9

Şekil 4.13. İkinci kademede yapılan deneyde Greyfurtun merkez sıcaklık dağılımı

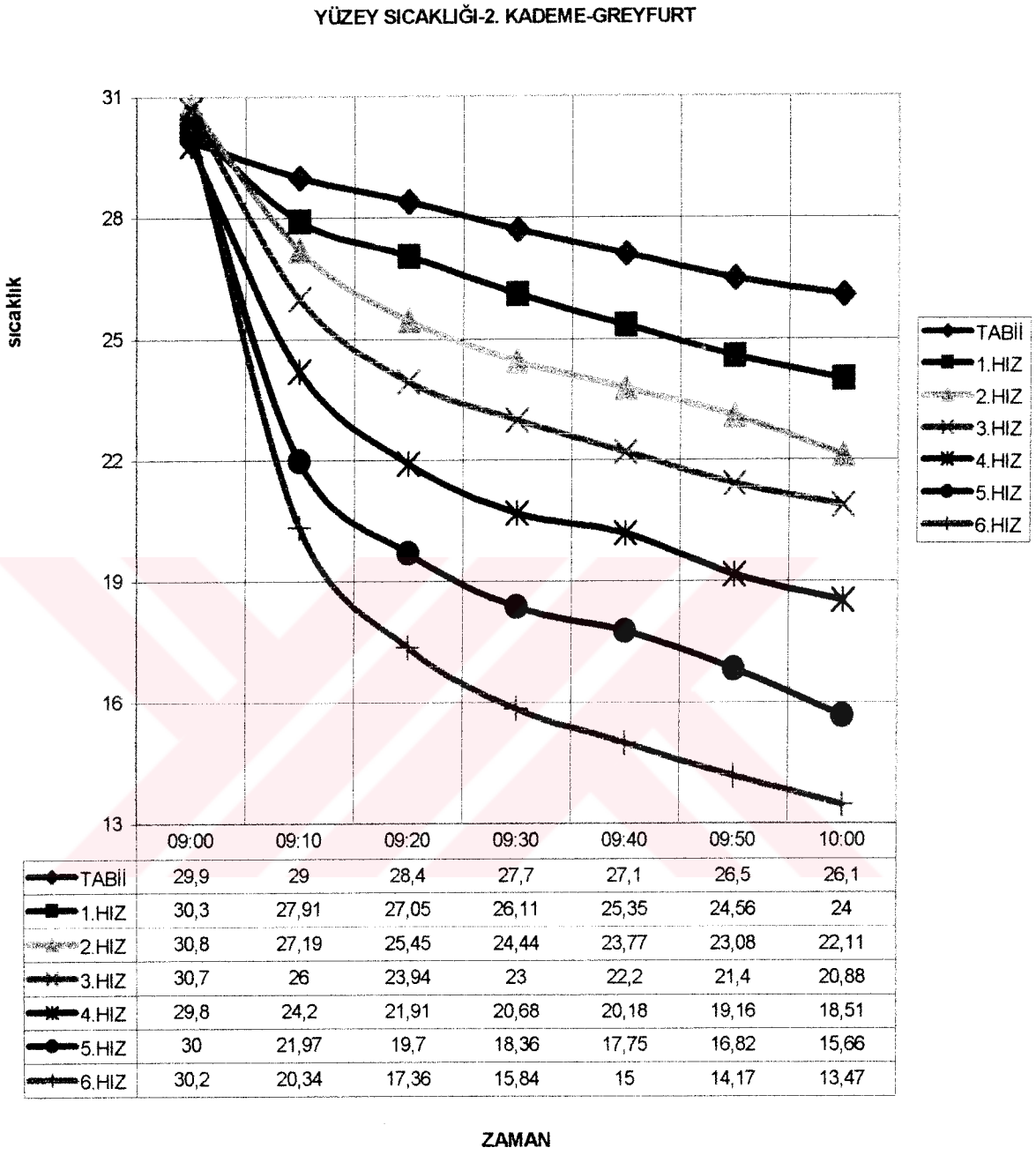
Şekil 4.13.'de görüldüğü gibi İkinci kademede yapılan deney sonuçları 1. Kademeye göre aynı zaman diliminde 1. Kademeye göre daha düşük sıcaklıklara ulaşılmasını sağlamıştır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	29,2	28,7	28	27,5	26,9	26,4
1.HIZ	30,6	29	27,7	26,68	25,6	24,63	23,8
2.HIZ	30,7	28,3	26,86	25,67	24,38	23,44	22,36
3.HIZ	30,5	27,91	26	24,52	22,79	21,75	21
4.HIZ	30,9	27	24,77	22,94	20,67	19,52	18,76
5.HIZ	30,3	26,25	22,8	20,8	18,6	17,1	15,4
6.HIZ	30	25,1	21,75	19,73	17,5	15,7	14,3

Şekil 4.14. İkinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

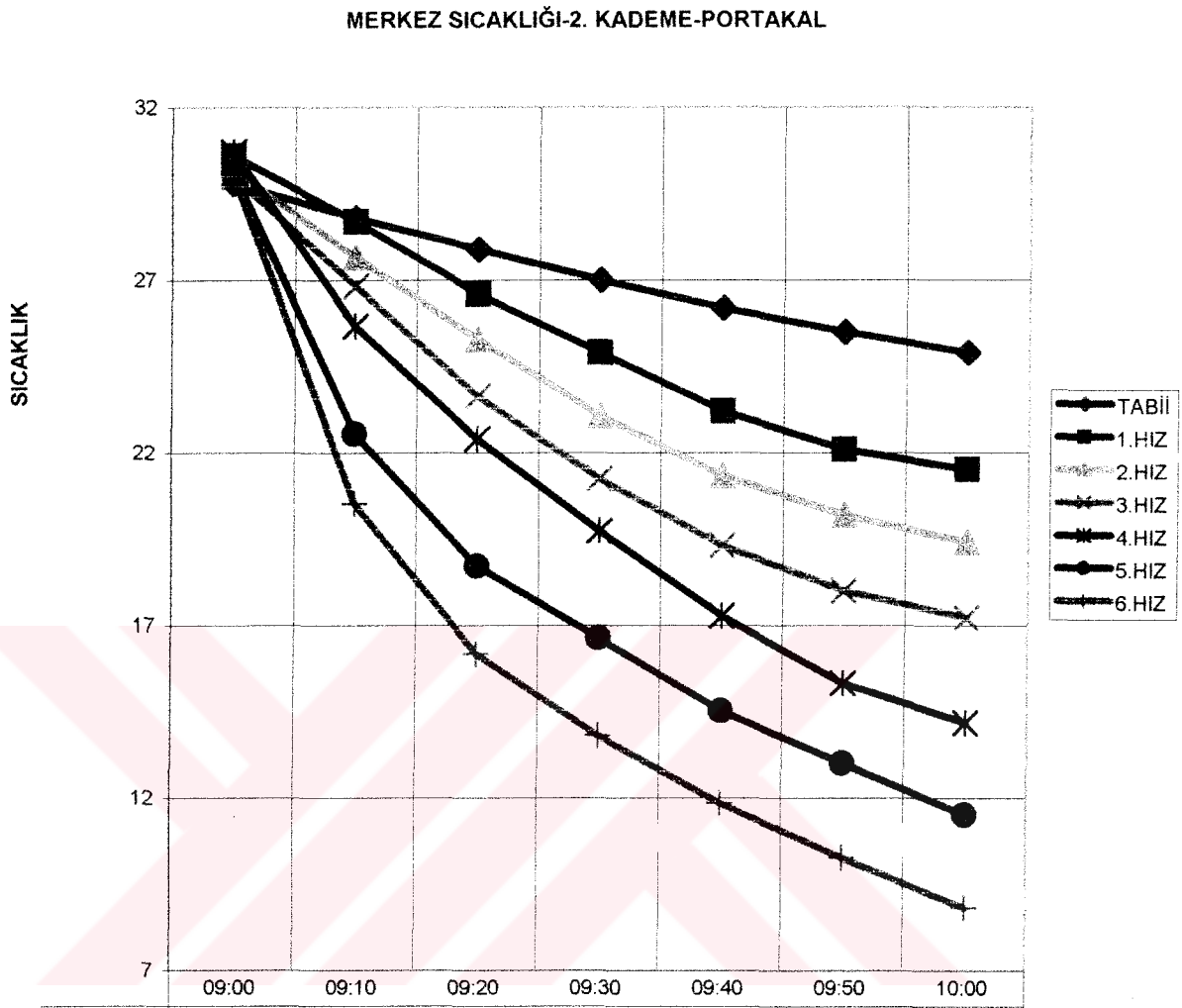
Şekil 4.14.'de görüleceği gibi İkinci kademede yapılan soğutmada tabii evaperatör sıcaklığını artmıştır. Ayrıca tabii evaperatör ile cebri evaperatörde 1. Hız arasındaki farkın arttığı görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	29	28,4	27,7	27,1	26,5	26,1
1.HIZ	30,3	27,91	27,05	26,11	25,35	24,56	24
2.HIZ	30,8	27,19	25,45	24,44	23,77	23,08	22,11
3.HIZ	30,7	26	23,94	23	22,2	21,4	20,88
4.HIZ	29,8	24,2	21,91	20,68	20,18	19,16	18,51
5.HIZ	30	21,97	19,7	18,36	17,75	16,82	15,66
6.HIZ	30,2	20,34	17,36	15,84	15	14,17	13,47

Şekil 4.15. İkinci kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı

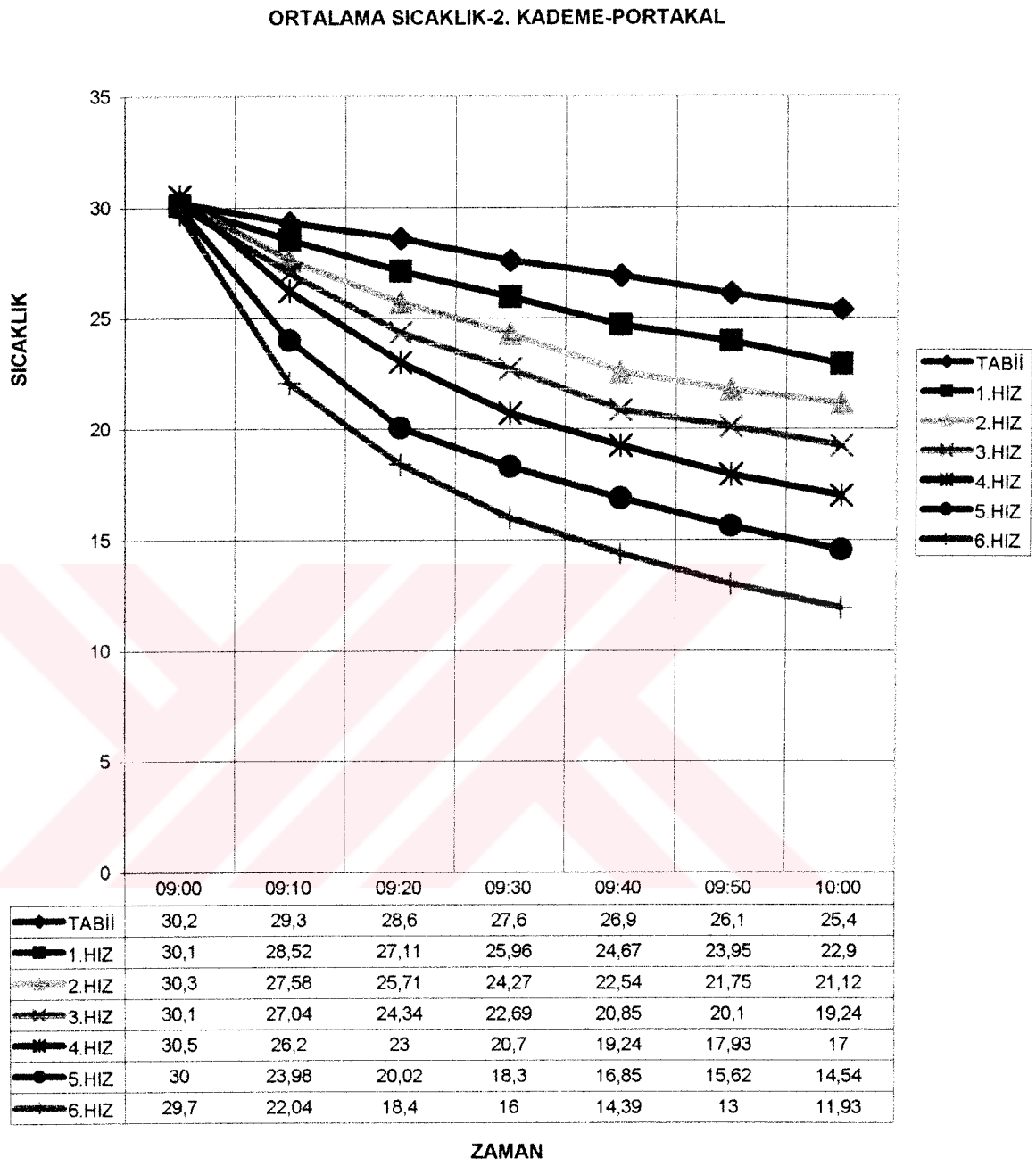
Şekil 4.15.'de görüleceği gibi greyfurt'un yüzey sıcaklık düşmesi 10dakikalık sürenin sonunda hızla ilerlediği görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,8	28,8	27,9	27	26,2	25,5	24,9
1.HIZ	30,6	28,7	26,6	24,9	23,2	22,1	21,5
2.HIZ	30,2	27,65	25,28	23,07	21,32	20,2	19,41
3.HIZ	30	26,83	23,65	21,26	19,31	18	17,21
4.HIZ	30,7	25,67	22,4	19,73	17,28	15,33	14,17
5.HIZ	30,1	22,54	18,72	16,64	14,51	13	11,5
6.HIZ	30	20,52	16,17	13,81	11,86	10,27	8,82

Şekil 4.16. İkinci kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı

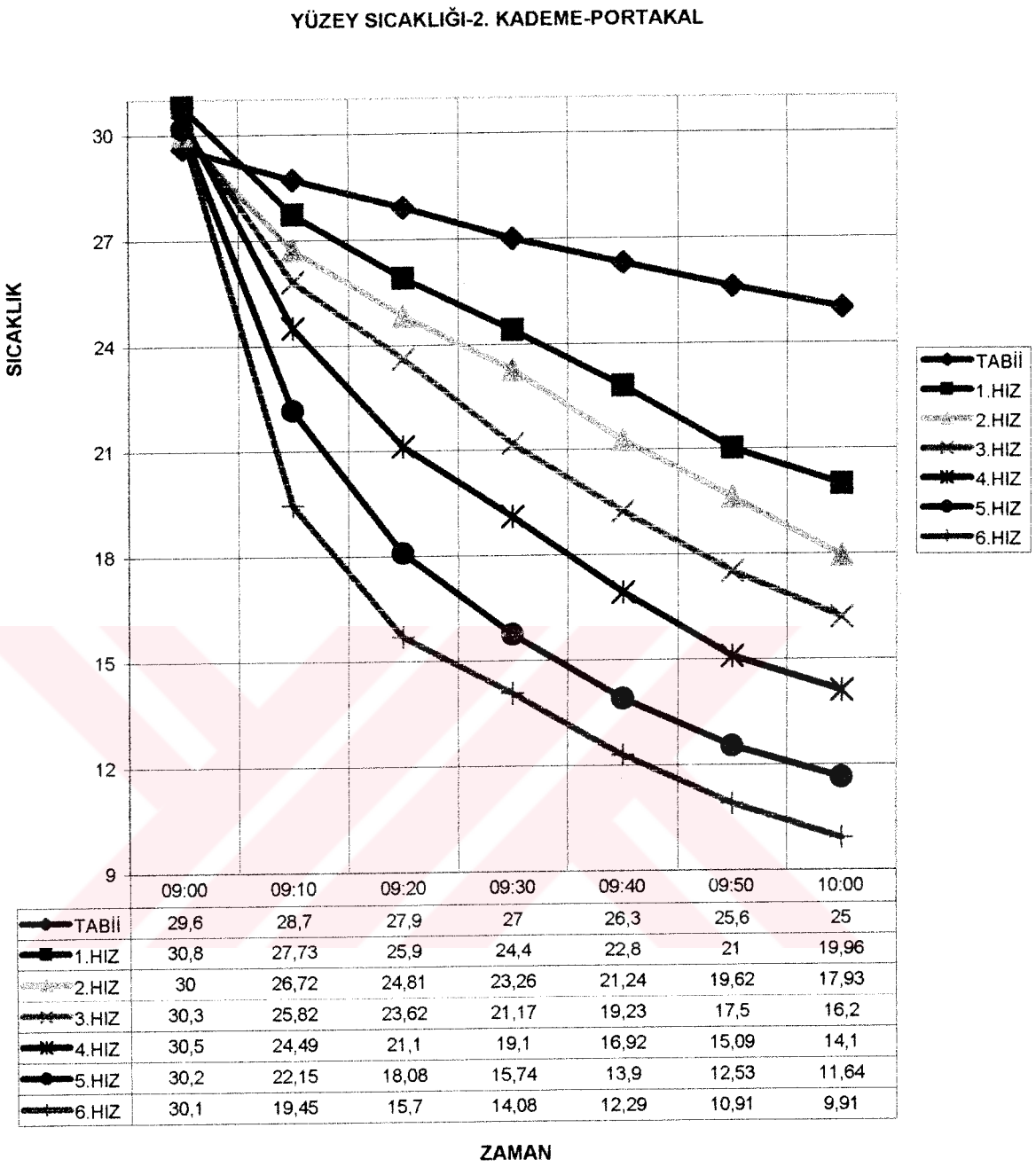
Şekil 4.16.'da görüleceği gibi meyveler arasındaki sıcaklık düşmeleri ikinci kademede biraz daha fazla olmaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,2	29,3	28,6	27,6	26,9	26,1	25,4
1.HIZ	30,1	28,52	27,11	25,96	24,67	23,95	22,9
2.HIZ	30,3	27,58	25,71	24,27	22,54	21,75	21,12
3.HIZ	30,1	27,04	24,34	22,69	20,85	20,1	19,24
4.HIZ	30,5	26,2	23	20,7	19,24	17,93	17
5.HIZ	30	23,98	20,02	18,3	16,85	15,62	14,54
6.HIZ	29,7	22,04	18,4	16	14,39	13	11,93

Şekil 4.17. İkinci kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı

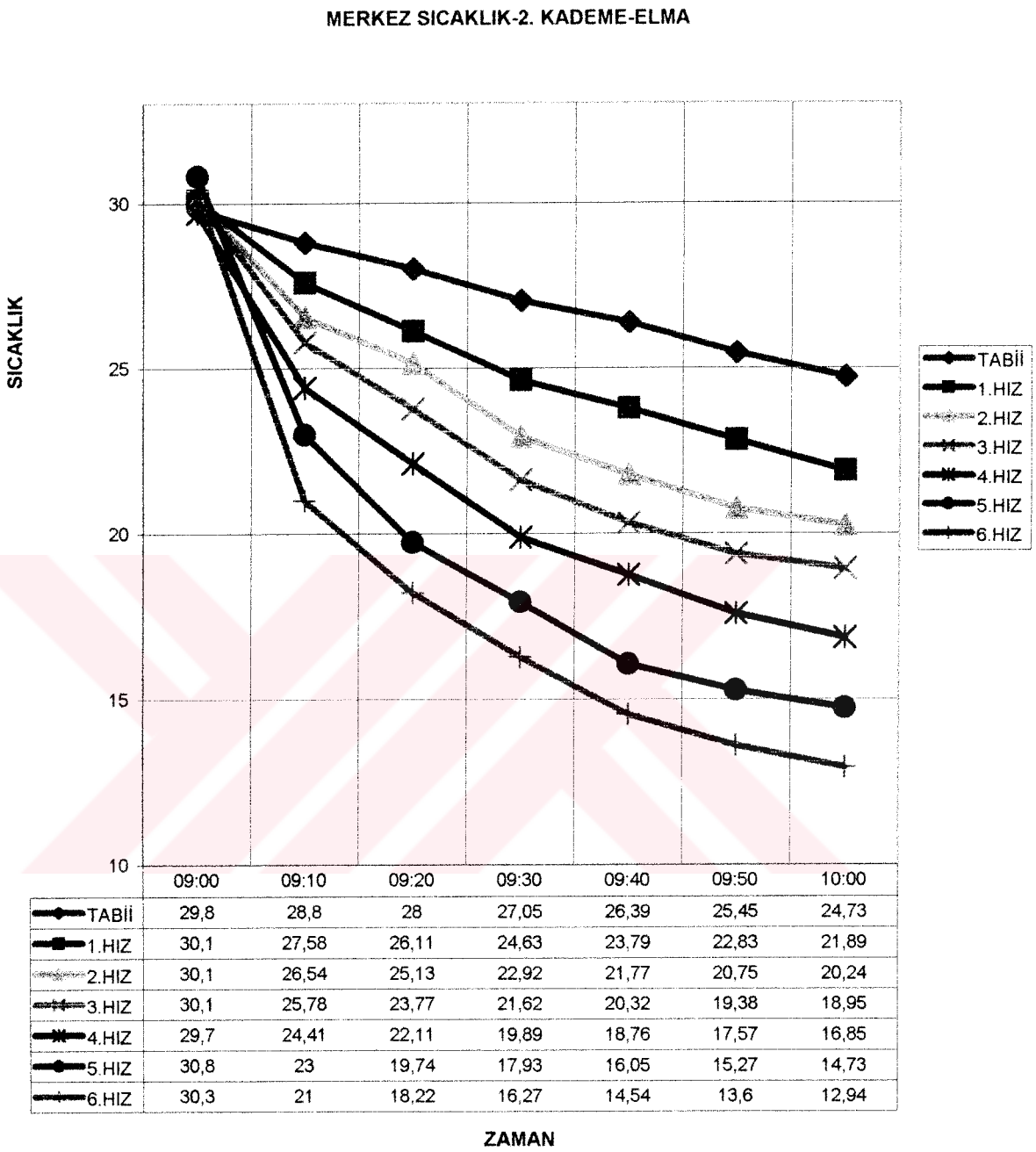
Şekil 4.17.'de görüleceği gibi portakalın ortalama sıcaklık düşmeleri ikinci kademede biraz daha yavaş olmaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,6	28,7	27,9	27	26,3	25,6	25
1.HIZ	30,8	27,73	25,9	24,4	22,8	21	19,96
2.HIZ	30	26,72	24,81	23,26	21,24	19,62	17,93
3.HIZ	30,3	25,82	23,62	21,17	19,23	17,5	16,2
4.HIZ	30,5	24,49	21,1	19,1	16,92	15,09	14,1
5.HIZ	30,2	22,15	18,08	15,74	13,9	12,53	11,64
6.HIZ	30,1	19,45	15,7	14,08	12,29	10,91	9,91

Şekil 4.18. İkinci kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı

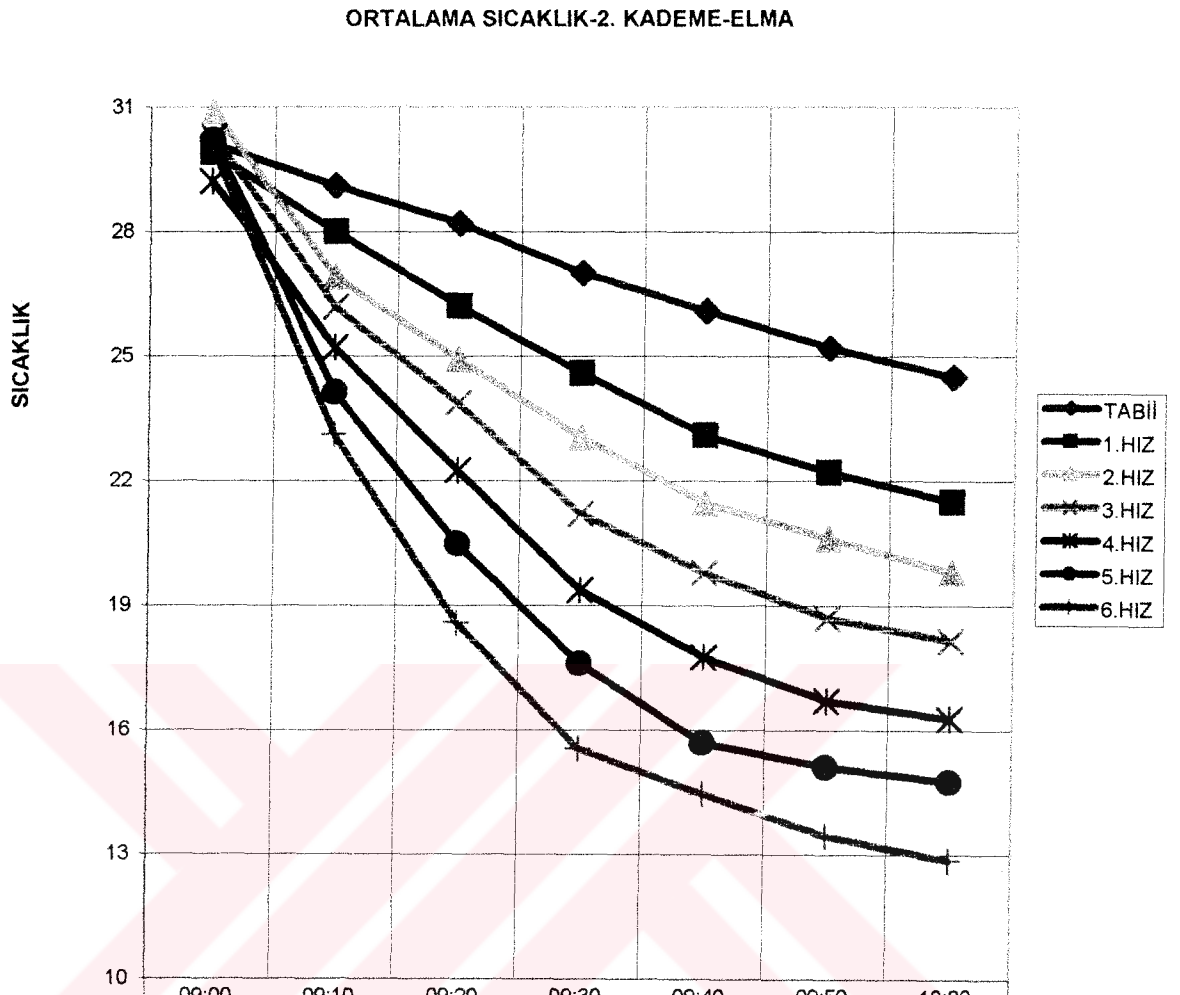
Şekil 4.18.'de görüleceği gibi İkinci kademede yapılan soğutmada tabii evaperatörde sıcaklığını artmıştır. Ayrıca tabii evaperatör ile cebride evaperatörde 1. Hız arasındaki farkın arttığı görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,8	28,8	28	27,05	26,39	25,45	24,73
1.HIZ	30,1	27,58	26,11	24,63	23,79	22,83	21,89
2.HIZ	30,1	26,54	25,13	22,92	21,77	20,75	20,24
3.HIZ	30,1	25,78	23,77	21,62	20,32	19,38	18,95
4.HIZ	29,7	24,41	22,11	19,89	18,76	17,57	16,85
5.HIZ	30,8	23	19,74	17,93	16,05	15,27	14,73
6.HIZ	30,3	21	18,22	16,27	14,54	13,6	12,94

Şekil 4.19. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı

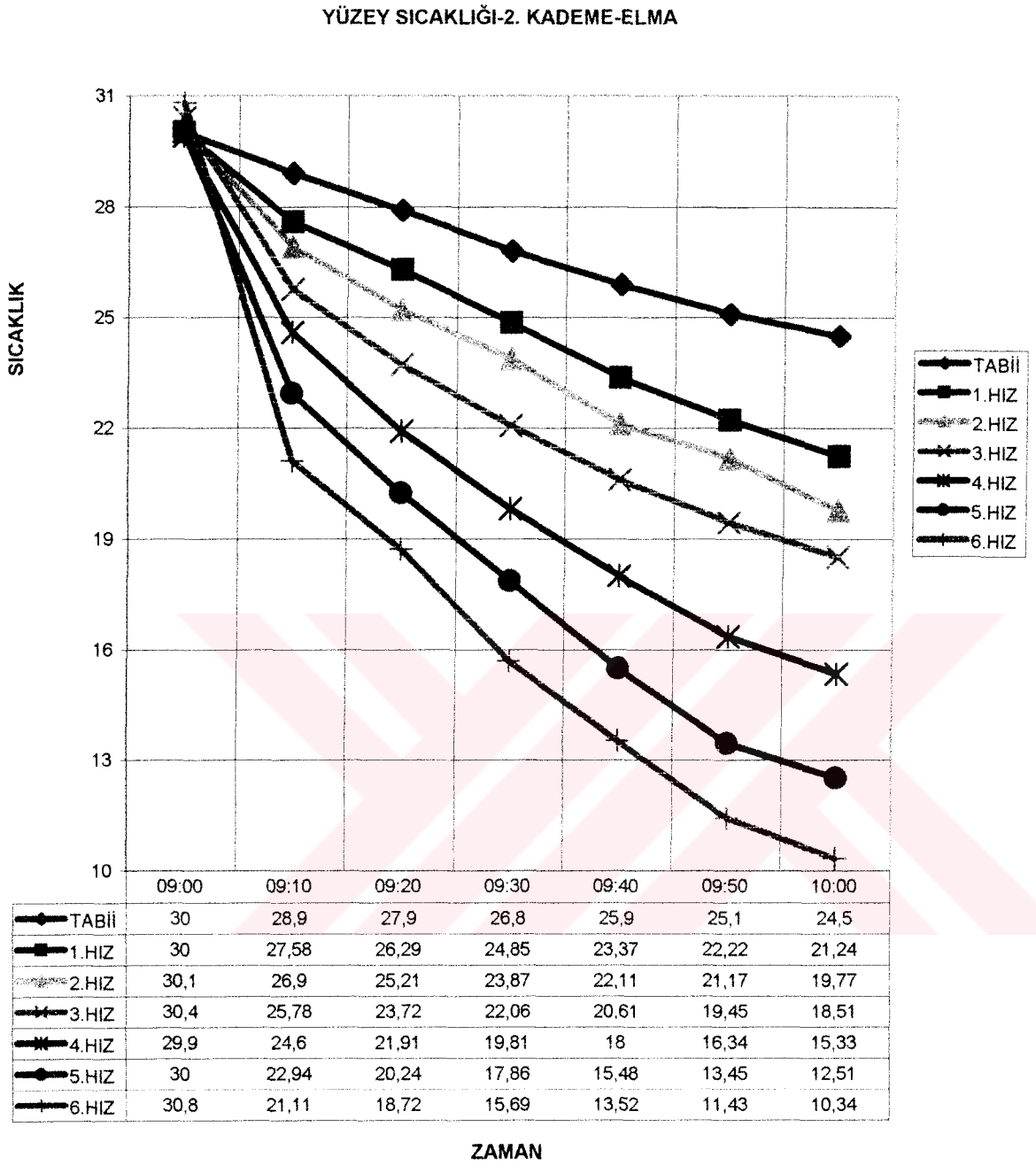
Şekil 4.19.'de görüleceği gibi İkinci kademede yapılan elmanın merkez sıcaklık dağılımında hızlar arası farklar artmıştır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,1	29,1	28,2	27	26,1	25,2	24,5
1.HIZ	29,9	28	26,2	24,6	23,1	22,2	21,5
2.HIZ	30,9	26,9	24,92	23,05	21,46	20,6	19,8
3.HIZ	30,3	26,18	23,87	21,21	19,8	18,69	18,15
4.HIZ	29,2	25,21	22,25	19,37	17,75	16,7	16,27
5.HIZ	30,2	24,13	20,49	17,61	15,69	15,11	14,75
6.HIZ	30	23,12	18,58	15,55	14,46	13,45	12,87

Şekil 4.20. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı

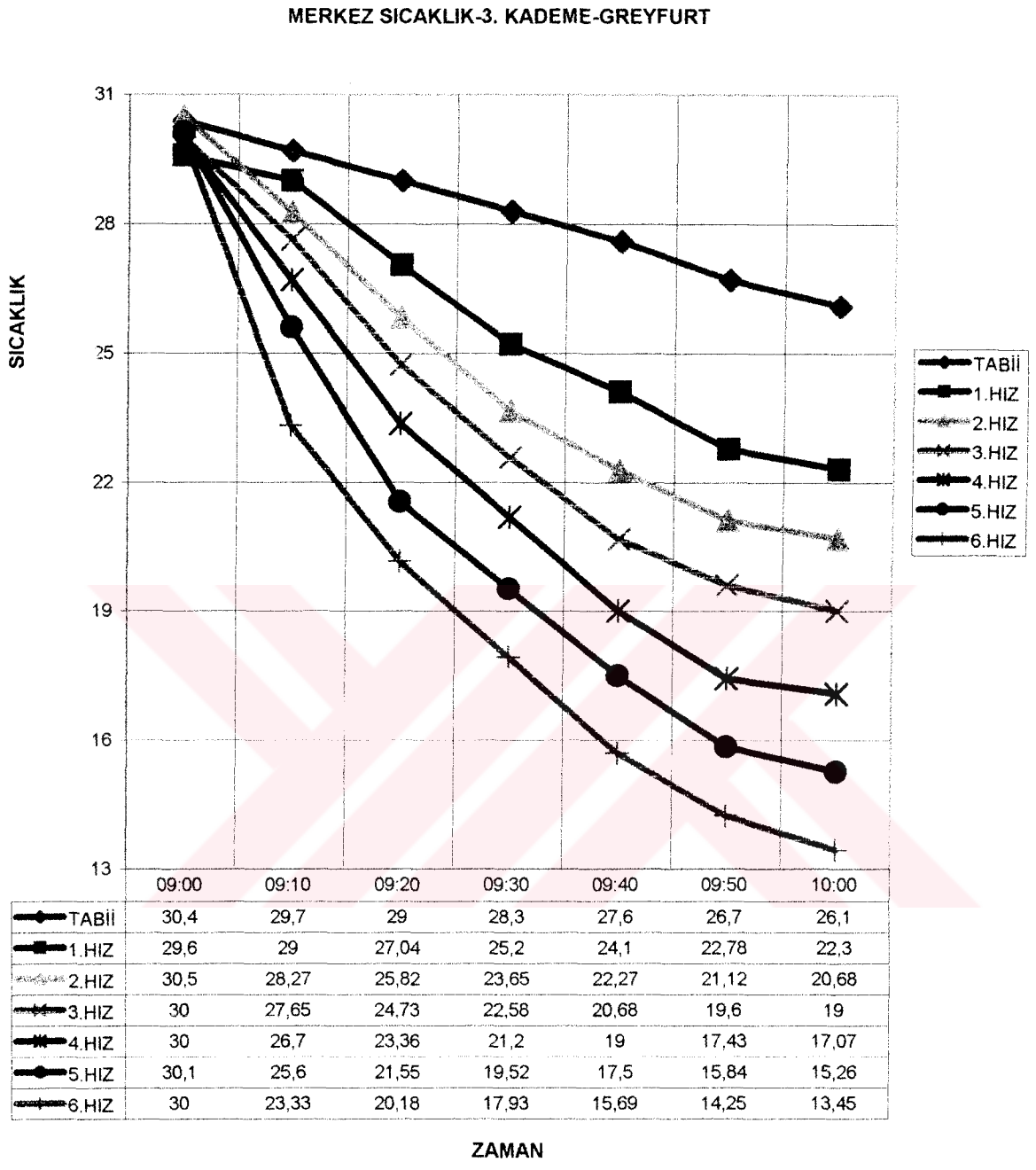
Şekil 4.20.'de görüldüğü gibi elma'da elde edilen sıcaklık düşmesi 15 dakikalık sürenin sonunda daha hızlı olmaktadır.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	28,9	27,9	26,8	25,9	25,1	24,5
1.HIZ	30	27,58	26,29	24,85	23,37	22,22	21,24
2.HIZ	30,1	26,9	25,21	23,87	22,11	21,17	19,77
3.HIZ	30,4	25,78	23,72	22,06	20,61	19,45	18,51
4.HIZ	29,9	24,6	21,91	19,81	18	16,34	15,33
5.HIZ	30	22,94	20,24	17,86	15,48	13,45	12,51
6.HIZ	30,8	21,11	18,72	15,69	13,52	11,43	10,34

Şekil 4.21. İkinci kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı

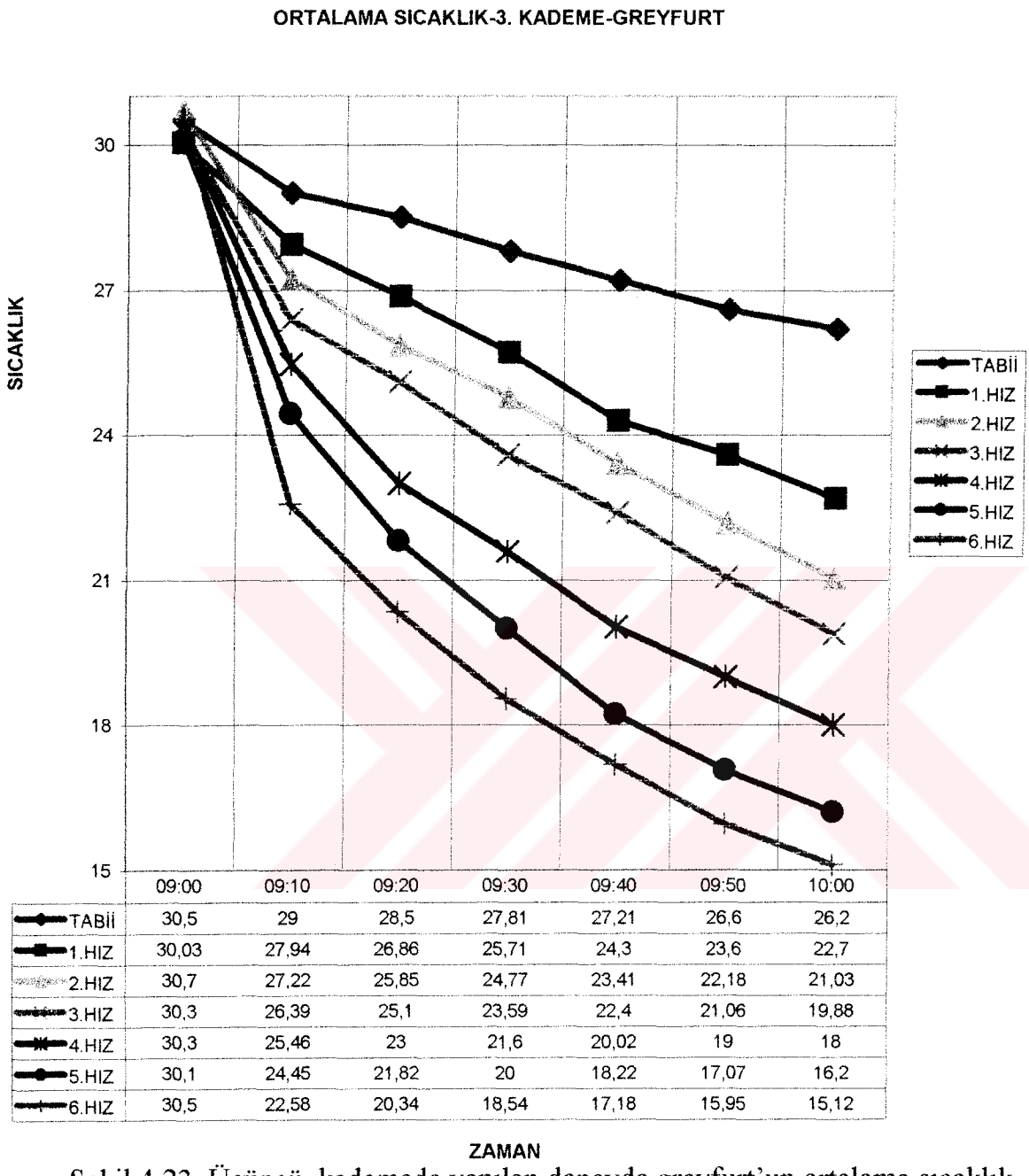
Şekil 4.21.'de görüldüğü gibi elmanın yüzey sıcaklık dağılımı özellikle 4. Kademede daha hızlı olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,4	29,7	29	28,3	27,6	26,7	26,1
1.HIZ	29,6	29	27,04	25,2	24,1	22,78	22,3
2.HIZ	30,5	28,27	25,82	23,65	22,27	21,12	20,68
3.HIZ	30	27,65	24,73	22,58	20,68	19,6	19
4.HIZ	30	26,7	23,36	21,2	19	17,43	17,07
5.HIZ	30,1	25,6	21,55	19,52	17,5	15,84	15,26
6.HIZ	30	23,33	20,18	17,93	15,69	14,25	13,45

Şekil 4.22. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

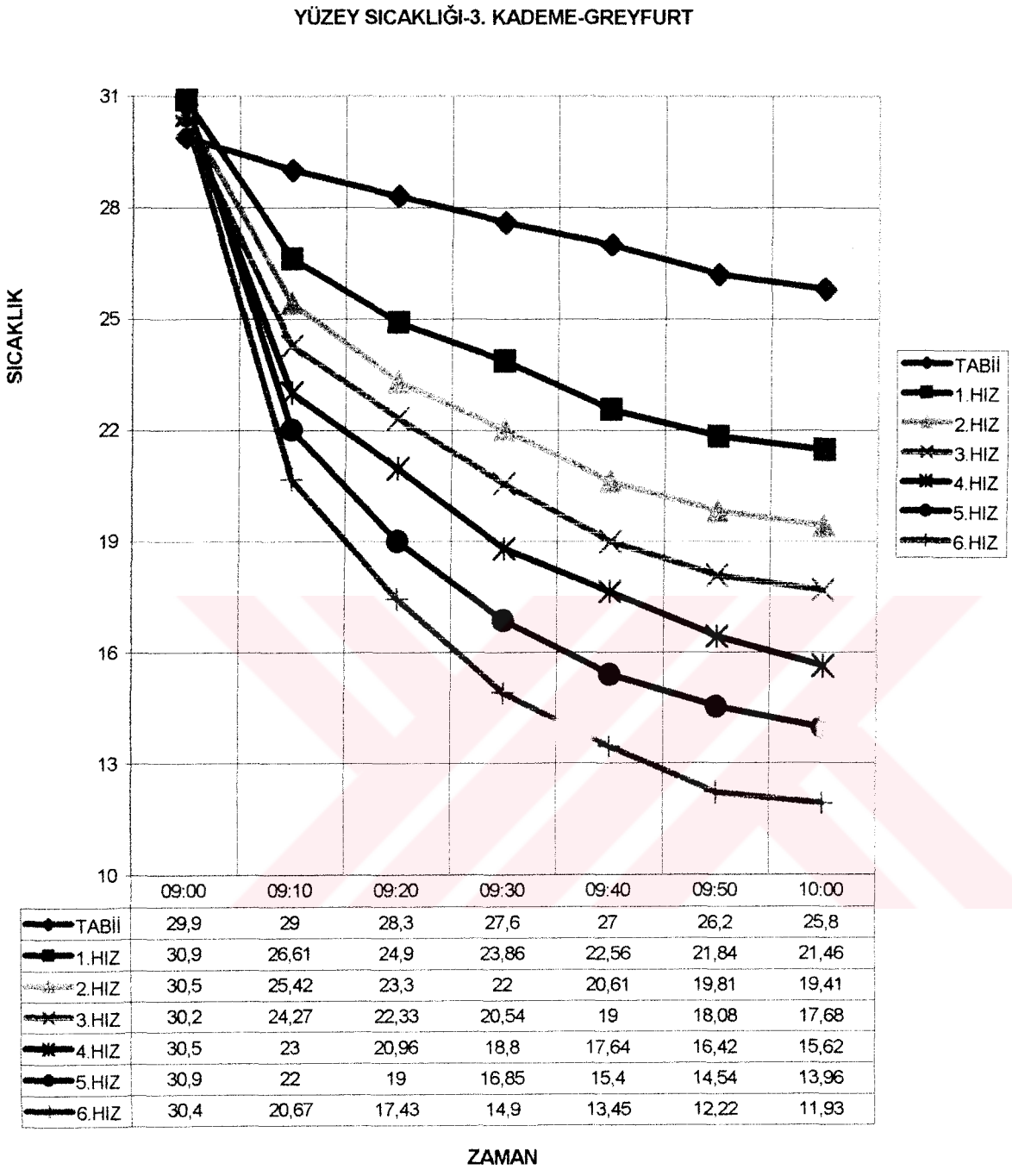
Şekil 4.22.'de görüldüğü gibi üçüncü kademede 2. Kademede sıcaklıklar orantılı olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,5	29	28,5	27,81	27,21	26,6	26,2
1.HIZ	30,03	27,94	26,86	25,71	24,3	23,6	22,7
2.HIZ	30,7	27,22	25,85	24,77	23,41	22,18	21,03
3.HIZ	30,3	26,39	25,1	23,59	22,4	21,06	19,88
4.HIZ	30,3	25,46	23	21,6	20,02	19	18
5.HIZ	30,1	24,45	21,82	20	18,22	17,07	16,2
6.HIZ	30,5	22,58	20,34	18,54	17,18	15,95	15,12

Şekil 4.23. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

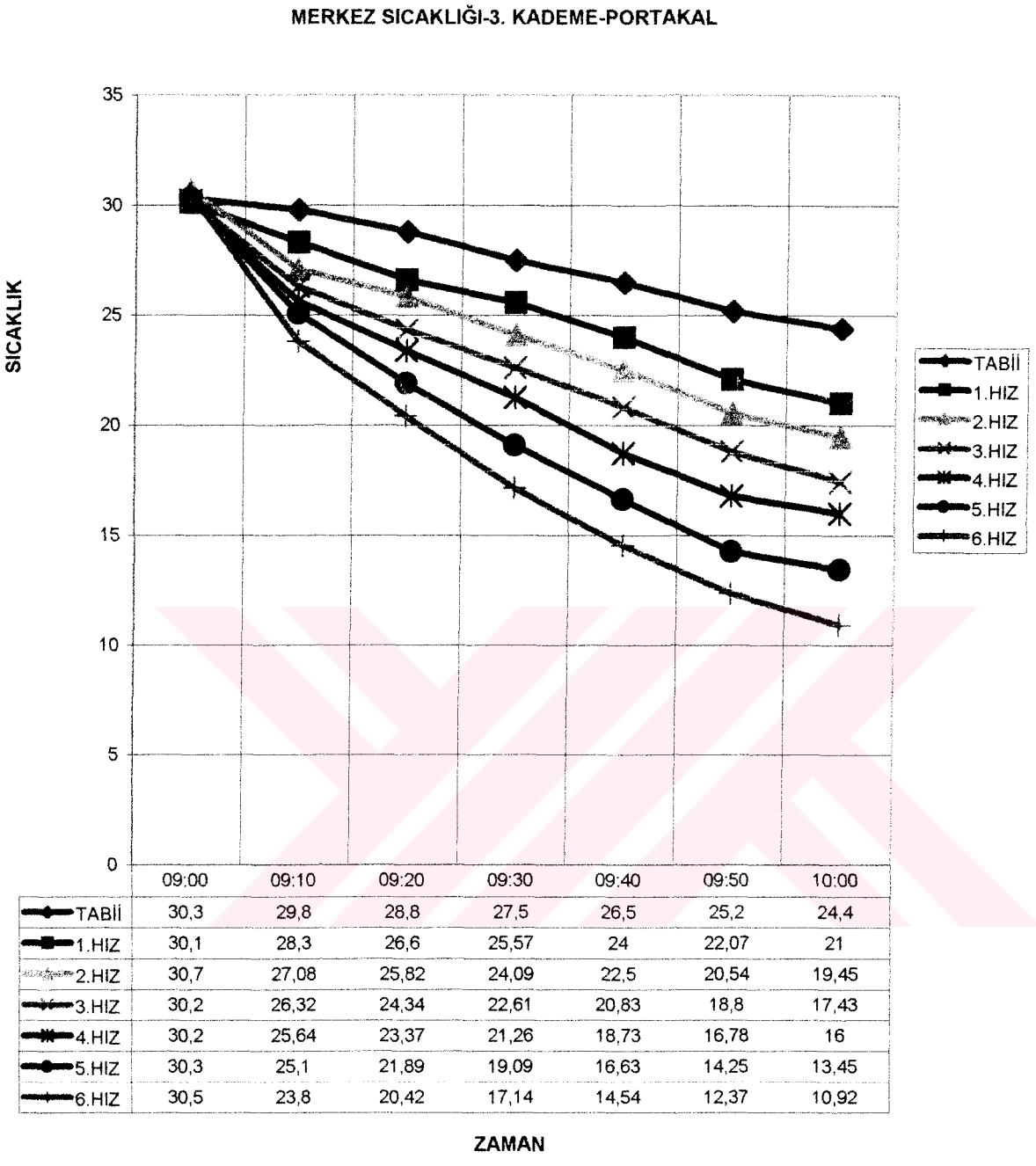
Şekil 4.23.'de görüldüğü gibi üçüncü kademenin tüm grafiklerinde görüldüğü gibi tabii evaporatörlü soğutma ile cebri evaporatörlü soğutma arasındaki farkın arttığı görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	29	28,3	27,6	27	26,2	25,8
1.HIZ	30,9	26,61	24,9	23,86	22,56	21,84	21,46
2.HIZ	30,5	25,42	23,3	22	20,61	19,81	19,41
3.HIZ	30,2	24,27	22,33	20,54	19	18,08	17,68
4.HIZ	30,5	23	20,96	18,8	17,64	16,42	15,62
5.HIZ	30,9	22	19	16,85	15,4	14,54	13,96
6.HIZ	30,4	20,67	17,43	14,9	13,45	12,22	11,93

Şekil 4.24. Üçüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı

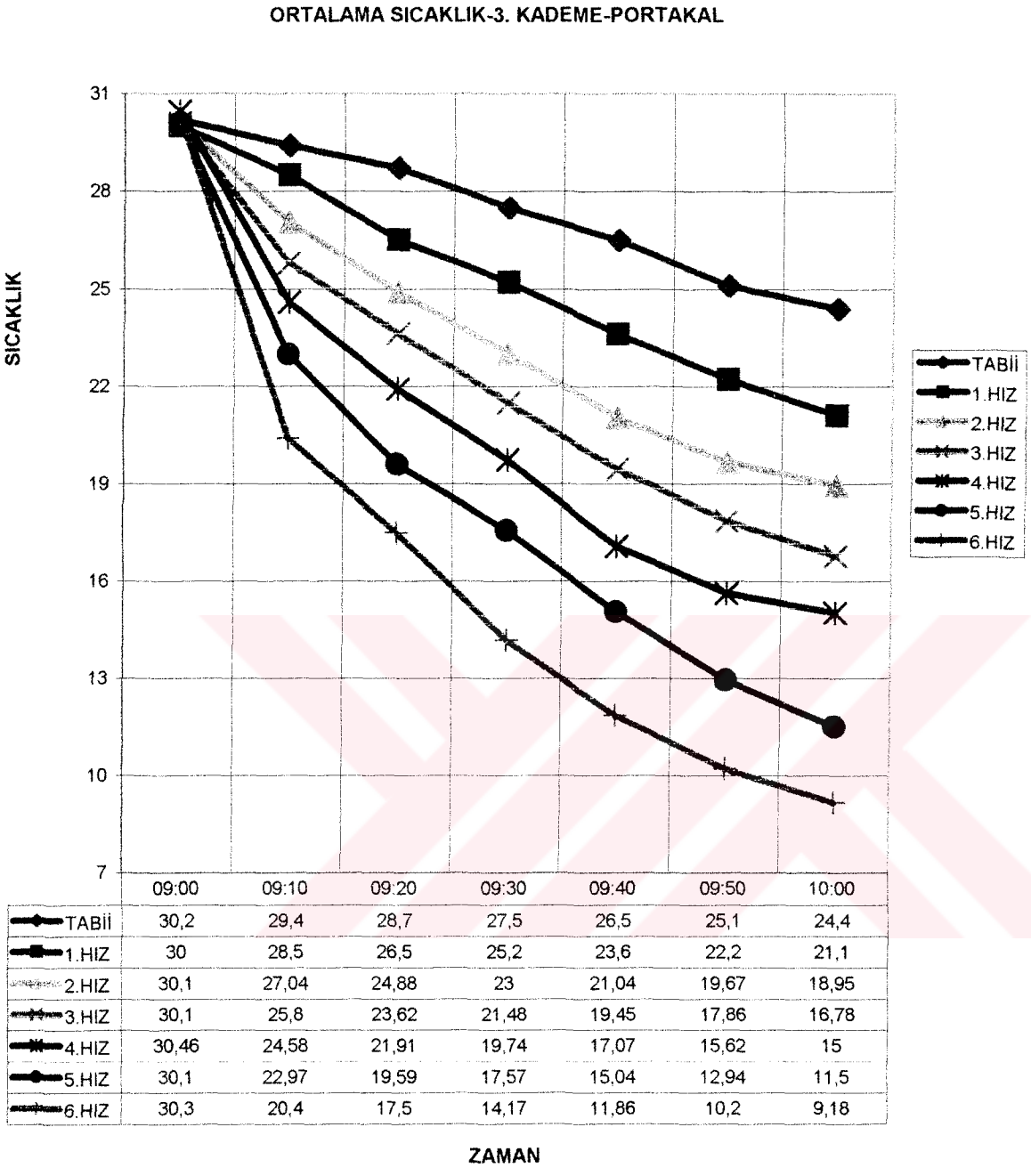
Şekil 4.24.'de görüldüğü gibi greyfurt'un yüzey sıcaklık dağılımı özellikle 4. Kademede daha hızlı olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,3	29,8	28,8	27,5	26,5	25,2	24,4
1.HIZ	30,1	28,3	26,6	25,57	24	22,07	21
2.HIZ	30,7	27,08	25,82	24,09	22,5	20,54	19,45
3.HIZ	30,2	26,32	24,34	22,61	20,83	18,8	17,43
4.HIZ	30,2	25,64	23,37	21,26	18,73	16,78	16
5.HIZ	30,3	25,1	21,89	19,09	16,63	14,25	13,45
6.HIZ	30,5	23,8	20,42	17,14	14,54	12,37	10,92

Şekil 4.25. Üçüncü kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı

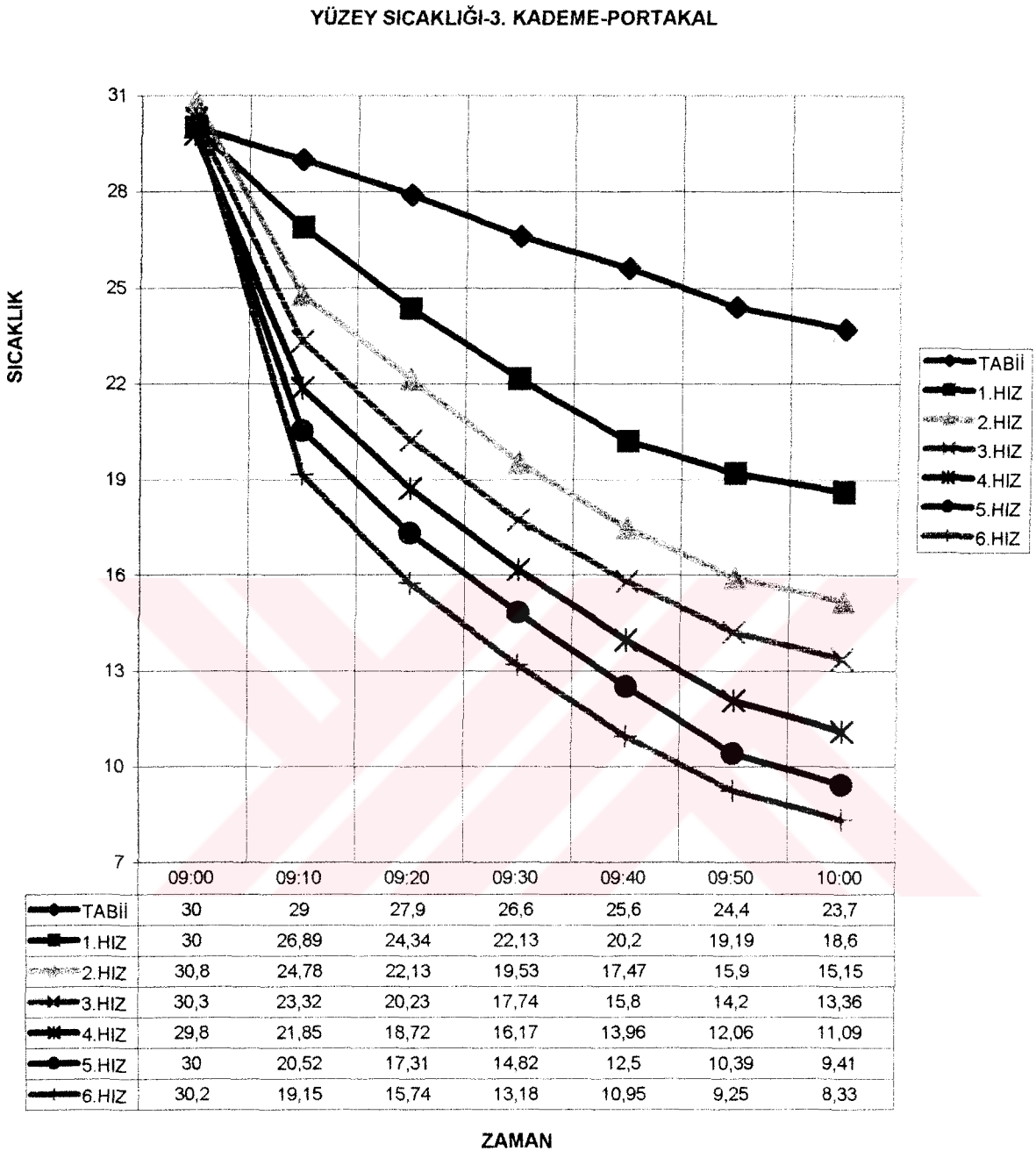
Şekil 4.25.'de görüldüğü gibi Portakalın merkez sıcaklık dağılımı özellikle 5. Kademede daha hızlı olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,2	29,4	28,7	27,5	26,5	25,1	24,4
1.HIZ	30	28,5	26,5	25,2	23,6	22,2	21,1
2.HIZ	30,1	27,04	24,88	23	21,04	19,67	18,95
3.HIZ	30,1	25,8	23,62	21,48	19,45	17,86	16,78
4.HIZ	30,46	24,58	21,91	19,74	17,07	15,62	15
5.HIZ	30,1	22,97	19,59	17,57	15,04	12,94	11,5
6.HIZ	30,3	20,4	17,5	14,17	11,86	10,2	9,18

Şekil 4.26. Üçüncü kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı

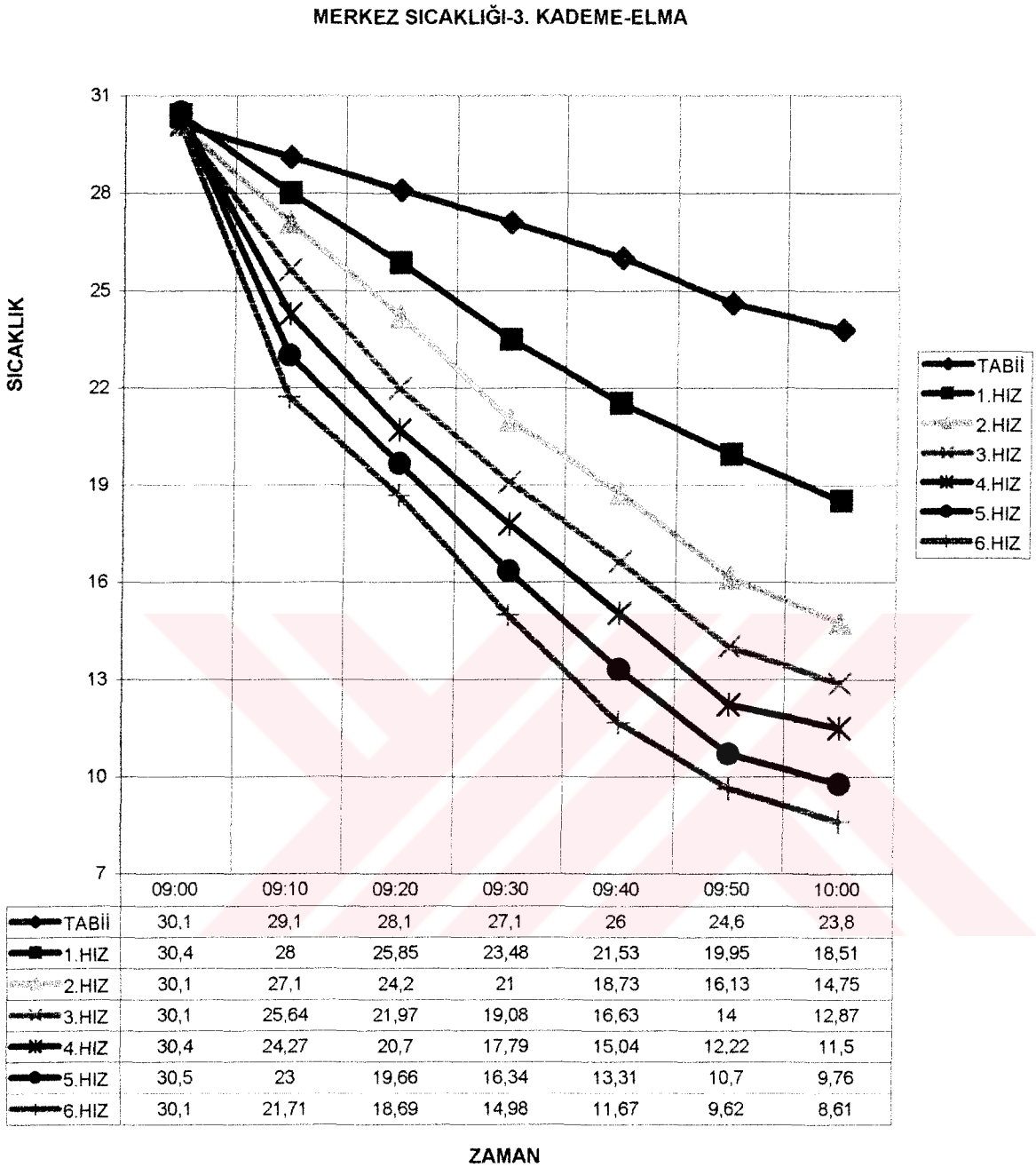
Şekil 4.26.'de görüldüğü gibi Portakalın merkez sıcaklık dağılımı özellikle tabii'de daha yavaş olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	29	27,9	26,6	25,6	24,4	23,7
1.HIZ	30	26,89	24,34	22,13	20,2	19,19	18,6
2.HIZ	30,8	24,78	22,13	19,53	17,47	15,9	15,15
3.HIZ	30,3	23,32	20,23	17,74	15,8	14,2	13,36
4.HIZ	29,8	21,85	18,72	16,17	13,96	12,06	11,09
5.HIZ	30	20,52	17,31	14,82	12,5	10,39	9,41
6.HIZ	30,2	19,15	15,74	13,18	10,95	9,25	8,33

Şekil 4.27. Üçüncü kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı

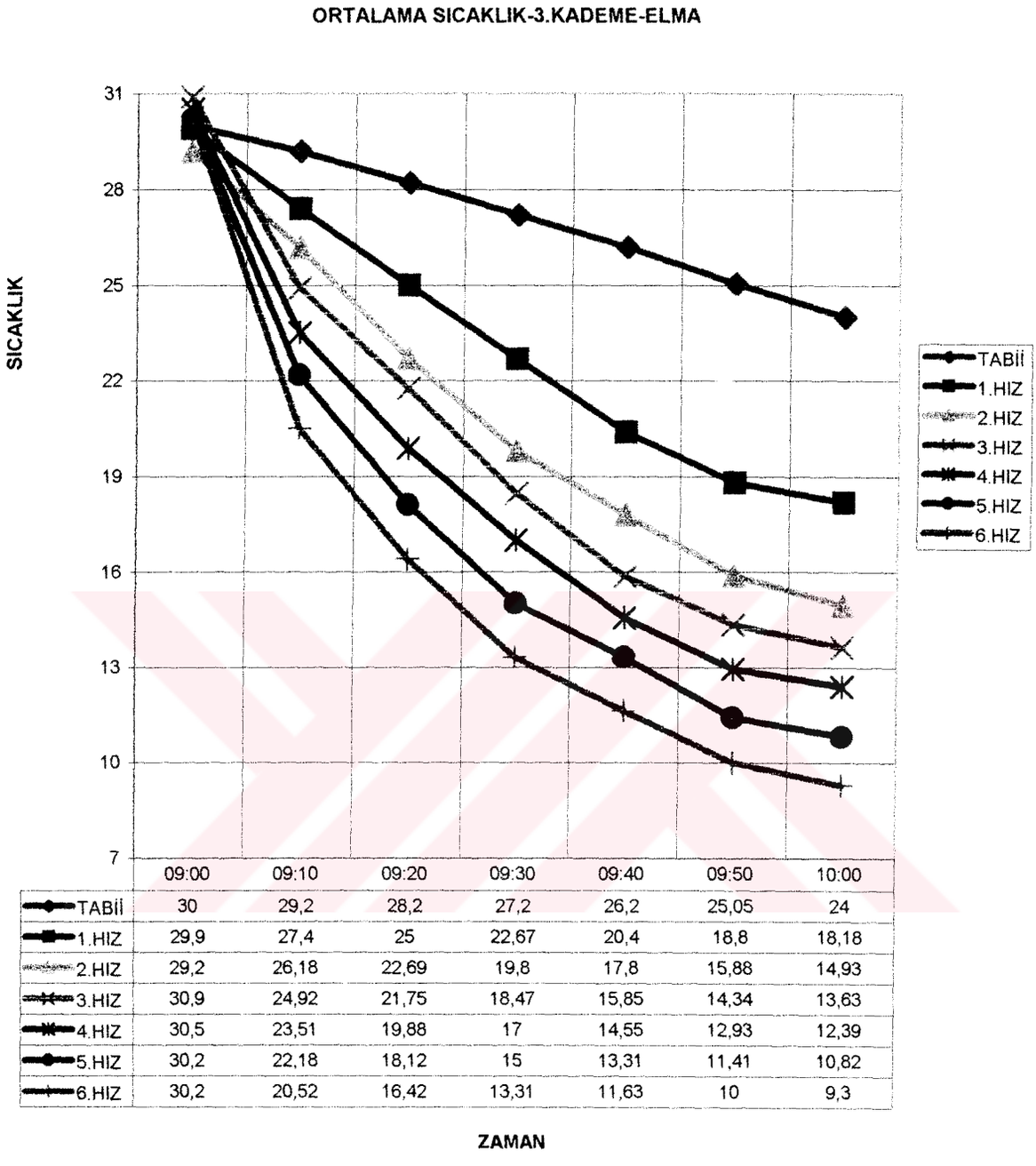
Şekil 4.27.'de görüldüğü gibi Portakalın yüzey sıcaklık dağılımı özellikle 1. Kademede daha yavaş olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,1	29,1	28,1	27,1	26	24,6	23,8
1.HIZ	30,4	28	25,85	23,48	21,53	19,95	18,51
2.HIZ	30,1	27,1	24,2	21	18,73	16,13	14,75
3.HIZ	30,1	25,64	21,97	19,08	16,63	14	12,87
4.HIZ	30,4	24,27	20,7	17,79	15,04	12,22	11,5
5.HIZ	30,5	23	19,66	16,34	13,31	10,7	9,76
6.HIZ	30,1	21,71	18,69	14,98	11,67	9,62	8,61

Şekil 4.28. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı

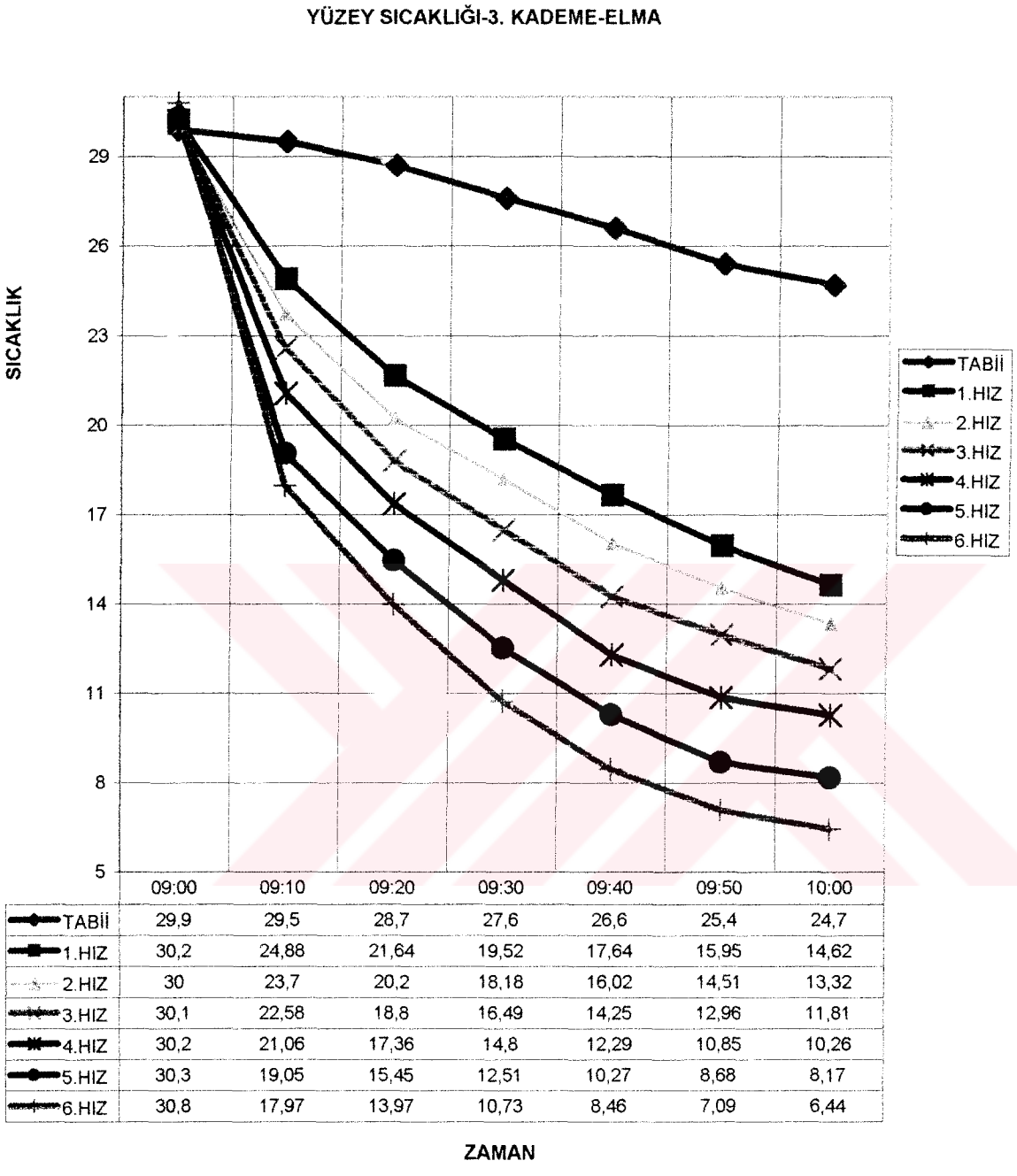
Şekil 4.28.'de görüldüğü gibi elmanın merkez sıcaklık dağılımı 1. Kademede daha yavaş olmuştur. Diğer hızlarda ortalama bir düşüş olmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	29,2	28,2	27,2	26,2	25,05	24
1.HIZ	29,9	27,4	25	22,67	20,4	18,8	18,18
2.HIZ	29,2	26,18	22,69	19,8	17,8	15,88	14,93
3.HIZ	30,9	24,92	21,75	18,47	15,85	14,34	13,63
4.HIZ	30,5	23,51	19,88	17	14,55	12,93	12,39
5.HIZ	30,2	22,18	18,12	15	13,31	11,41	10,82
6.HIZ	30,2	20,52	16,42	13,31	11,63	10	9,3

Şekil 4.29. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı

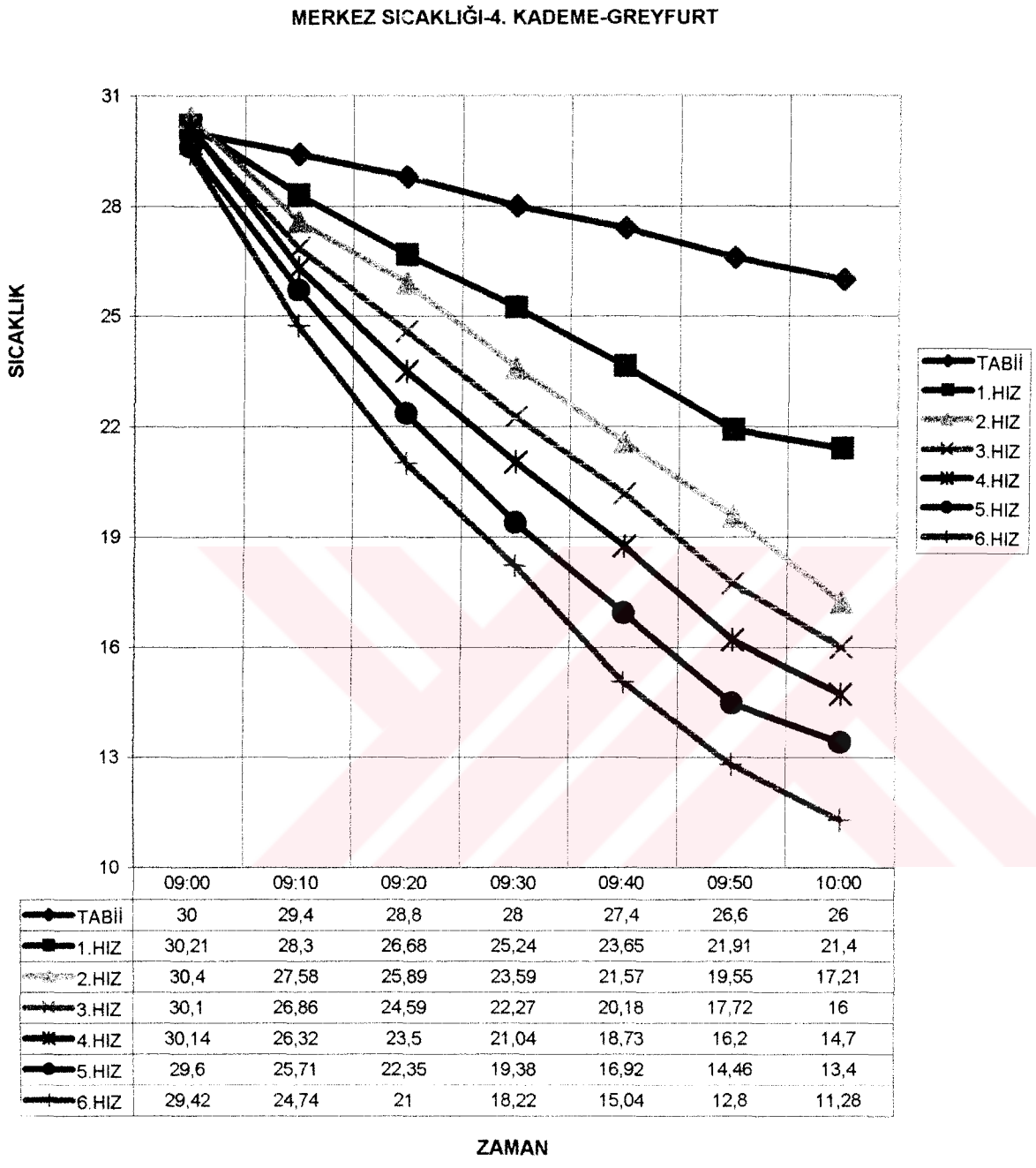
Şekil 4.29.'de görüldüğü gibi üçüncü kademede 2. Kademede sıcaklıklar orantısız olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	29,5	28,7	27,6	26,6	25,4	24,7
1.HIZ	30,2	24,88	21,64	19,52	17,64	15,95	14,62
2.HIZ	30	23,7	20,2	18,18	16,02	14,51	13,32
3.HIZ	30,1	22,58	18,8	16,49	14,25	12,96	11,81
4.HIZ	30,2	21,06	17,36	14,8	12,29	10,85	10,26
5.HIZ	30,3	19,05	15,45	12,51	10,27	8,68	8,17
6.HIZ	30,8	17,97	13,97	10,73	8,46	7,09	6,44

Şekil 4.30. Üçüncü kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı

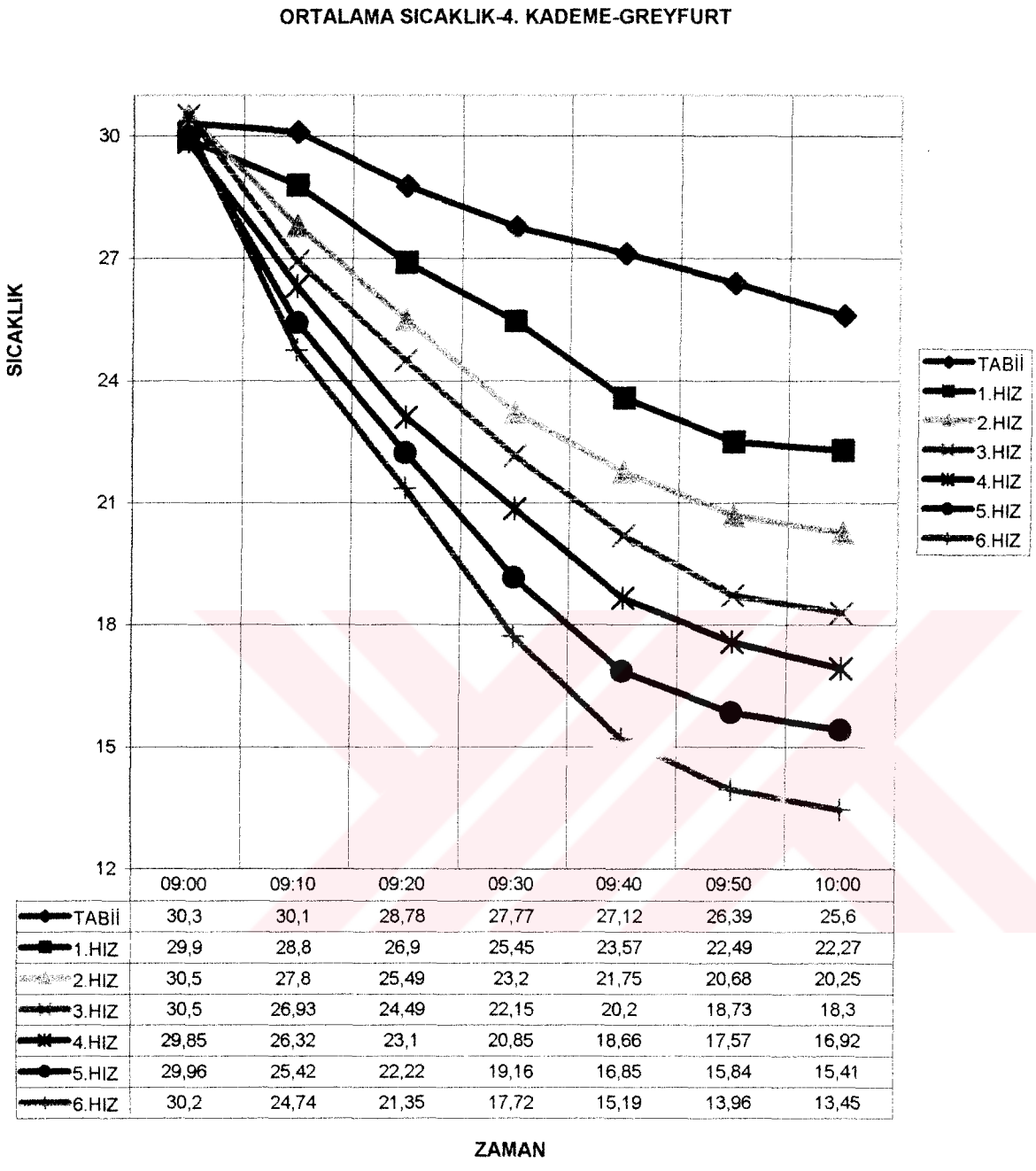
Şekil 4.30.'da görüldüğü gibi üçüncü kademede elmanın yüzey sıcaklık dağılımında tabii ile değişik hızlarda büyük farklar oluşmuştur.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	29,4	28,8	28	27,4	26,6	26
1.HIZ	30,21	28,3	26,68	25,24	23,65	21,91	21,4
2.HIZ	30,4	27,58	25,89	23,59	21,57	19,55	17,21
3.HIZ	30,1	26,86	24,59	22,27	20,18	17,72	16
4.HIZ	30,14	26,32	23,5	21,04	18,73	16,2	14,7
5.HIZ	29,6	25,71	22,35	19,38	16,92	14,46	13,4
6.HIZ	29,42	24,74	21	18,22	15,04	12,8	11,28

Şekil 4.31. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un merkez sıcaklık dağılımı

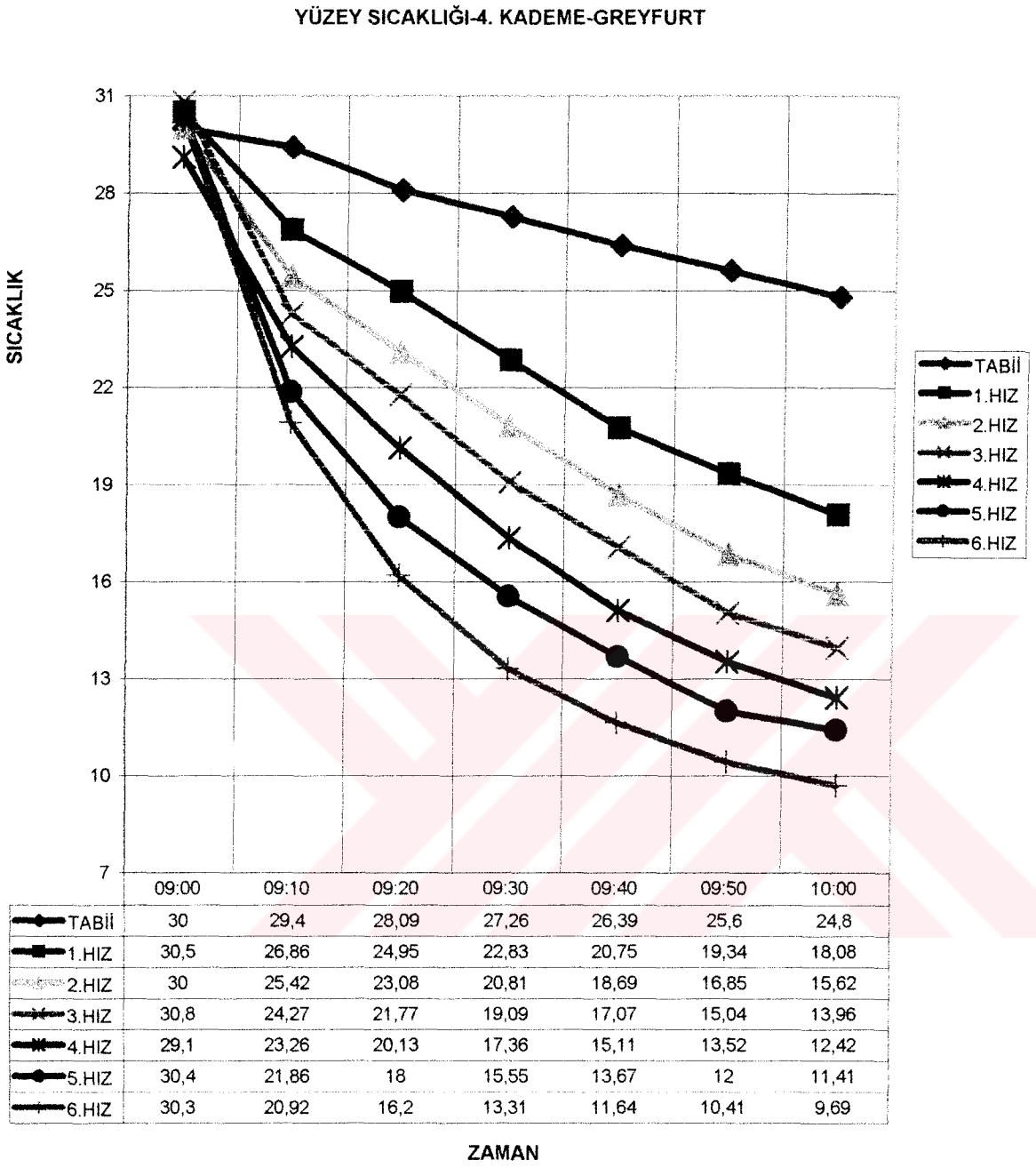
Şekil 4.31.'de görüldüğü gibi 4. Kademede sıcaklıklar 1. Hız hariç orantılı olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,3	30,1	28,78	27,77	27,12	26,39	25,6
1.HIZ	29,9	28,8	26,9	25,45	23,57	22,49	22,27
2.HIZ	30,5	27,8	25,49	23,2	21,75	20,68	20,25
3.HIZ	30,5	26,93	24,49	22,15	20,2	18,73	18,3
4.HIZ	29,85	26,32	23,1	20,85	18,66	17,57	16,92
5.HIZ	29,96	25,42	22,22	19,16	16,85	15,84	15,41
6.HIZ	30,2	24,74	21,35	17,72	15,19	13,96	13,45

Şekil 4.32. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

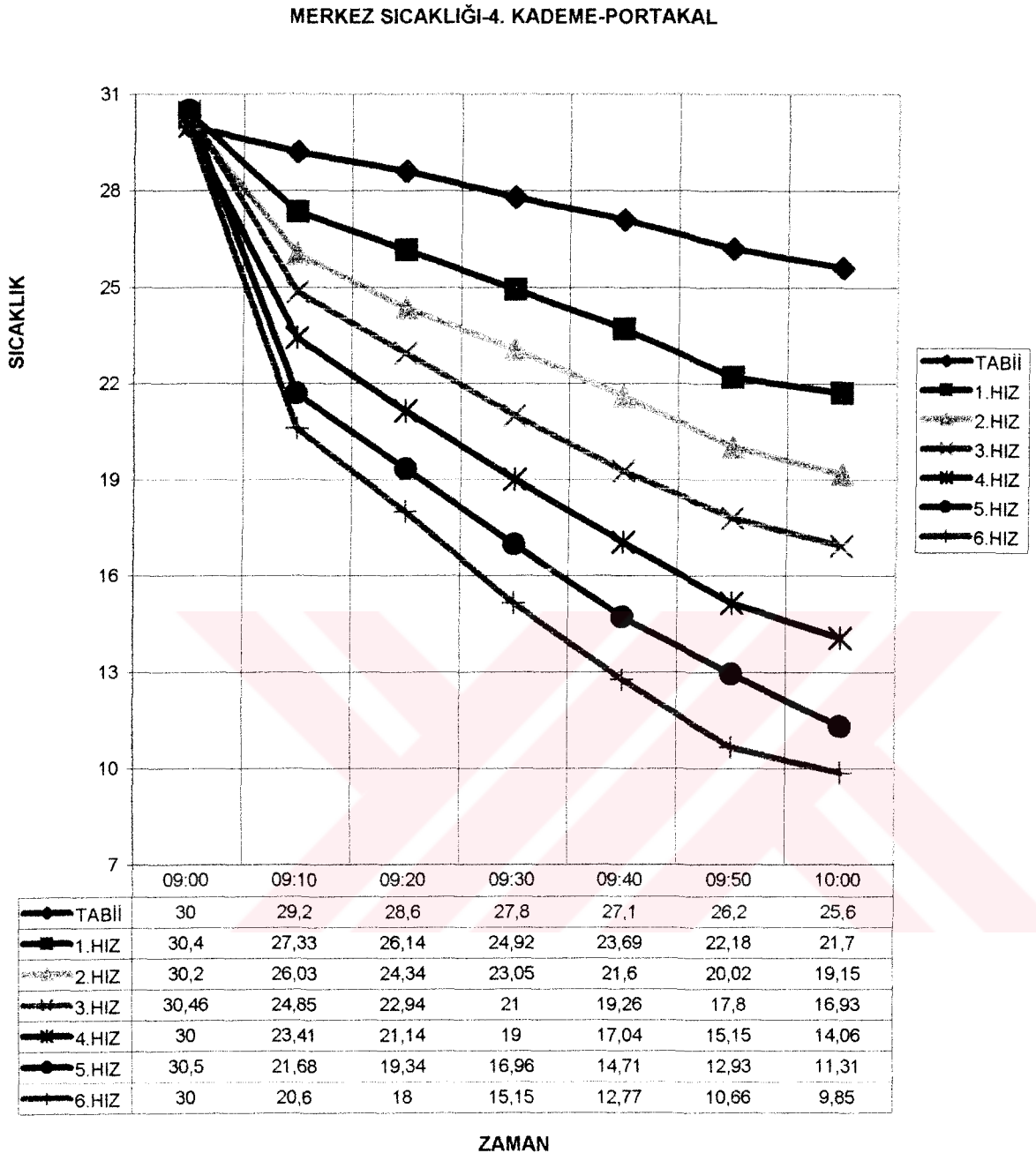
Şekil 4.32.'de görüldüğü gibi 4. kademede greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı tabii'de daha az düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	29,4	28,09	27,26	26,39	25,6	24,8
1.HIZ	30,5	26,86	24,95	22,83	20,75	19,34	18,08
2.HIZ	30	25,42	23,08	20,81	18,69	16,85	15,62
3.HIZ	30,8	24,27	21,77	19,09	17,07	15,04	13,96
4.HIZ	29,1	23,26	20,13	17,36	15,11	13,52	12,42
5.HIZ	30,4	21,86	18	15,55	13,67	12	11,41
6.HIZ	30,3	20,92	16,2	13,31	11,64	10,41	9,69

Şekil 4.33. Dördüncü kademede yapılan deneyde greyfurt'un ortalama sıcaklık dağılımı

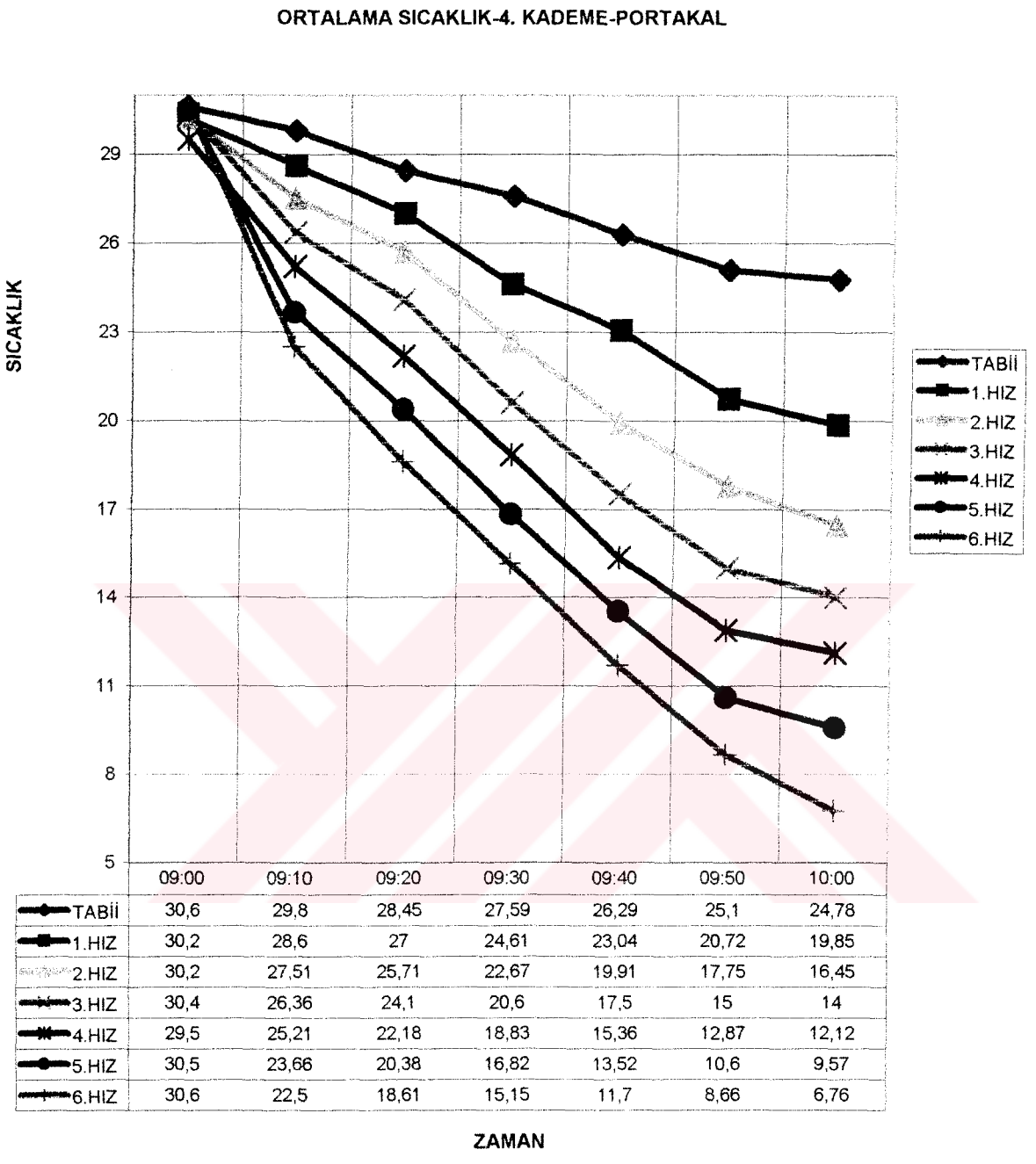
Şekil 4.33.'de görüleceği gibi greyfurt'un yüzey sıcaklık düşmesi 10dakikalık sürenin sonunda hızla ilerlediği görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30	29,2	28,6	27,8	27,1	26,2	25,6
1.HIZ	30,4	27,33	26,14	24,92	23,69	22,18	21,7
2.HIZ	30,2	26,03	24,34	23,05	21,6	20,02	19,15
3.HIZ	30,46	24,85	22,94	21	19,26	17,8	16,93
4.HIZ	30	23,41	21,14	19	17,04	15,15	14,06
5.HIZ	30,5	21,68	19,34	16,96	14,71	12,93	11,31
6.HIZ	30	20,6	18	15,15	12,77	10,66	9,85

Şekil 4.34. Dördüncü kademede yapılan deneyde Portakalın merkez sıcaklık dağılımı

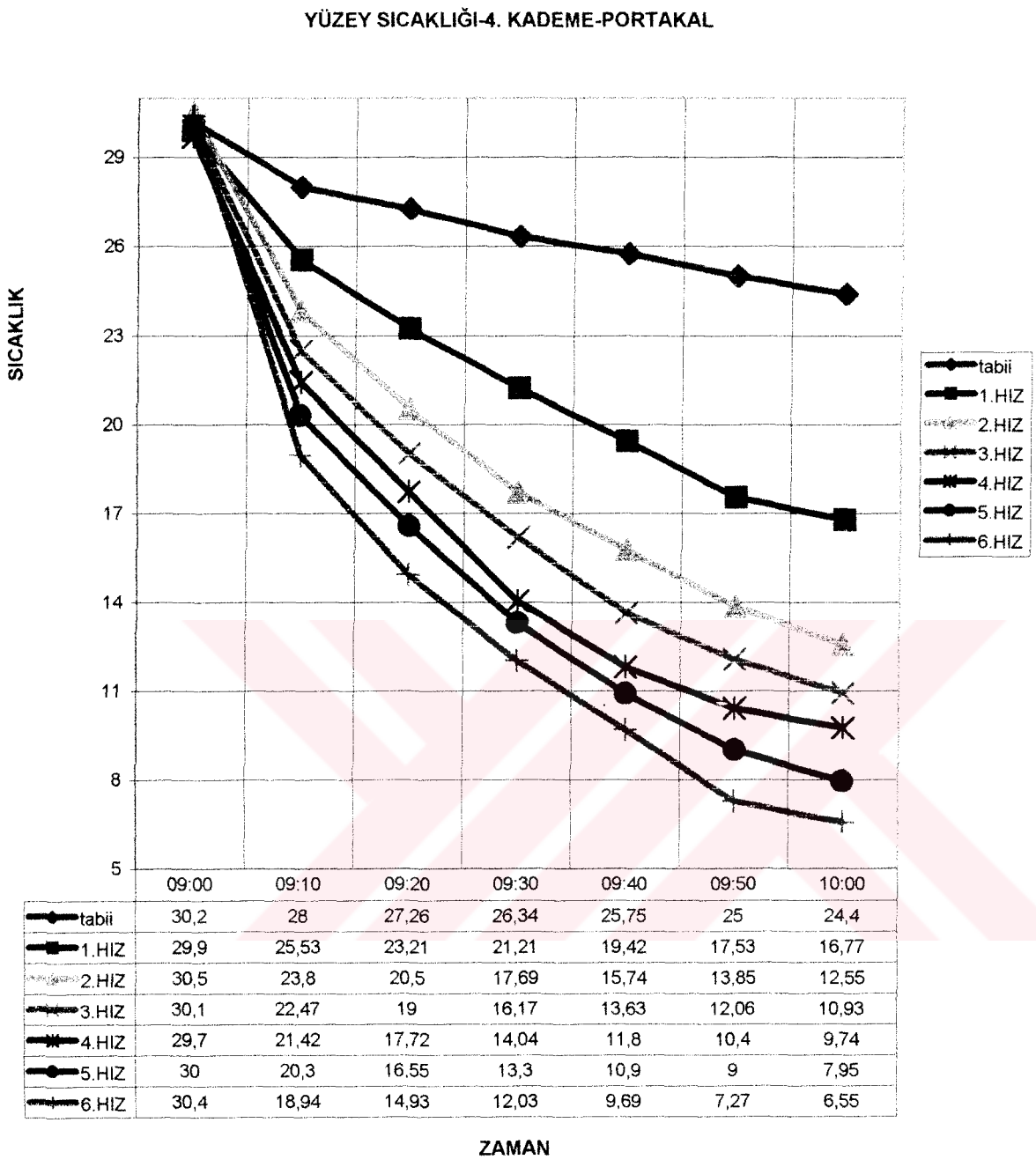
Şekil 4.34.'de görüleceği gibi Portakalın merkez sıcaklık düşmesi orantılı hızla ilerlediği görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,6	29,8	28,45	27,59	26,29	25,1	24,78
1.HIZ	30,2	28,6	27	24,61	23,04	20,72	19,85
2.HIZ	30,2	27,51	25,71	22,67	19,91	17,75	16,45
3.HIZ	30,4	26,36	24,1	20,6	17,5	15	14
4.HIZ	29,5	25,21	22,18	18,83	15,36	12,87	12,12
5.HIZ	30,5	23,66	20,38	16,82	13,52	10,6	9,57
6.HIZ	30,6	22,5	18,61	15,15	11,7	8,66	6,76

Şekil 4.35. Dördüncü kademede yapılan deneyde portakalın ortalama sıcaklık dağılımı

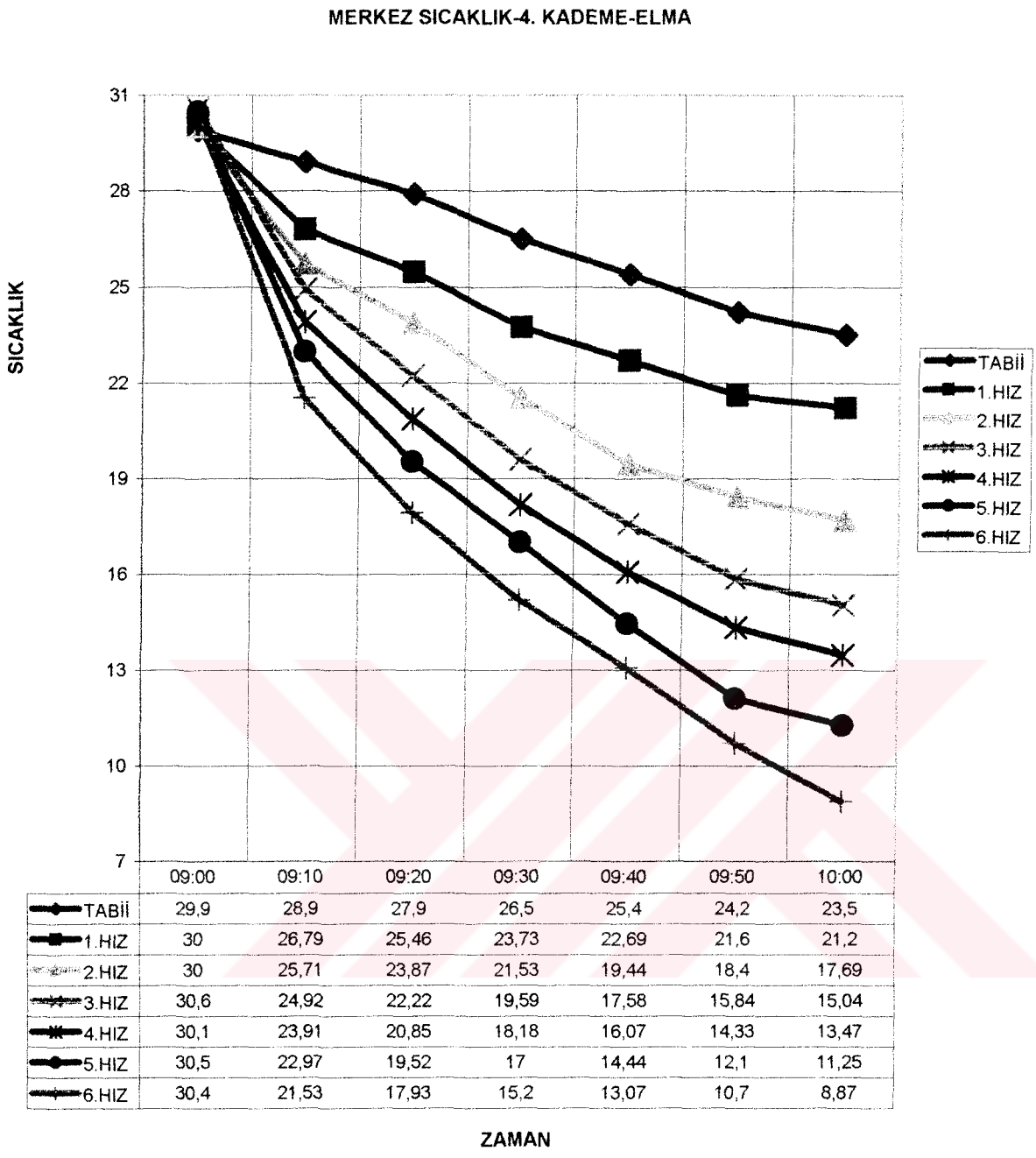
Şekil 4.35.'de görüleceği gibi sıcaklık düşmesi 9.50'den sonra orantısız hızla ilerlediği görülmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
tabii	30,2	28	27,26	26,34	25,75	25	24,4
1.HIZ	29,9	25,53	23,21	21,21	19,42	17,53	16,77
2.HIZ	30,5	23,8	20,5	17,69	15,74	13,85	12,55
3.HIZ	30,1	22,47	19	16,17	13,63	12,06	10,93
4.HIZ	29,7	21,42	17,72	14,04	11,8	10,4	9,74
5.HIZ	30	20,3	16,55	13,3	10,9	9	7,95
6.HIZ	30,4	18,94	14,93	12,03	9,69	7,27	6,55

Şekil 4.36. Dördüncü kademede yapılan deneyde portakalın yüzey sıcaklık dağılımı

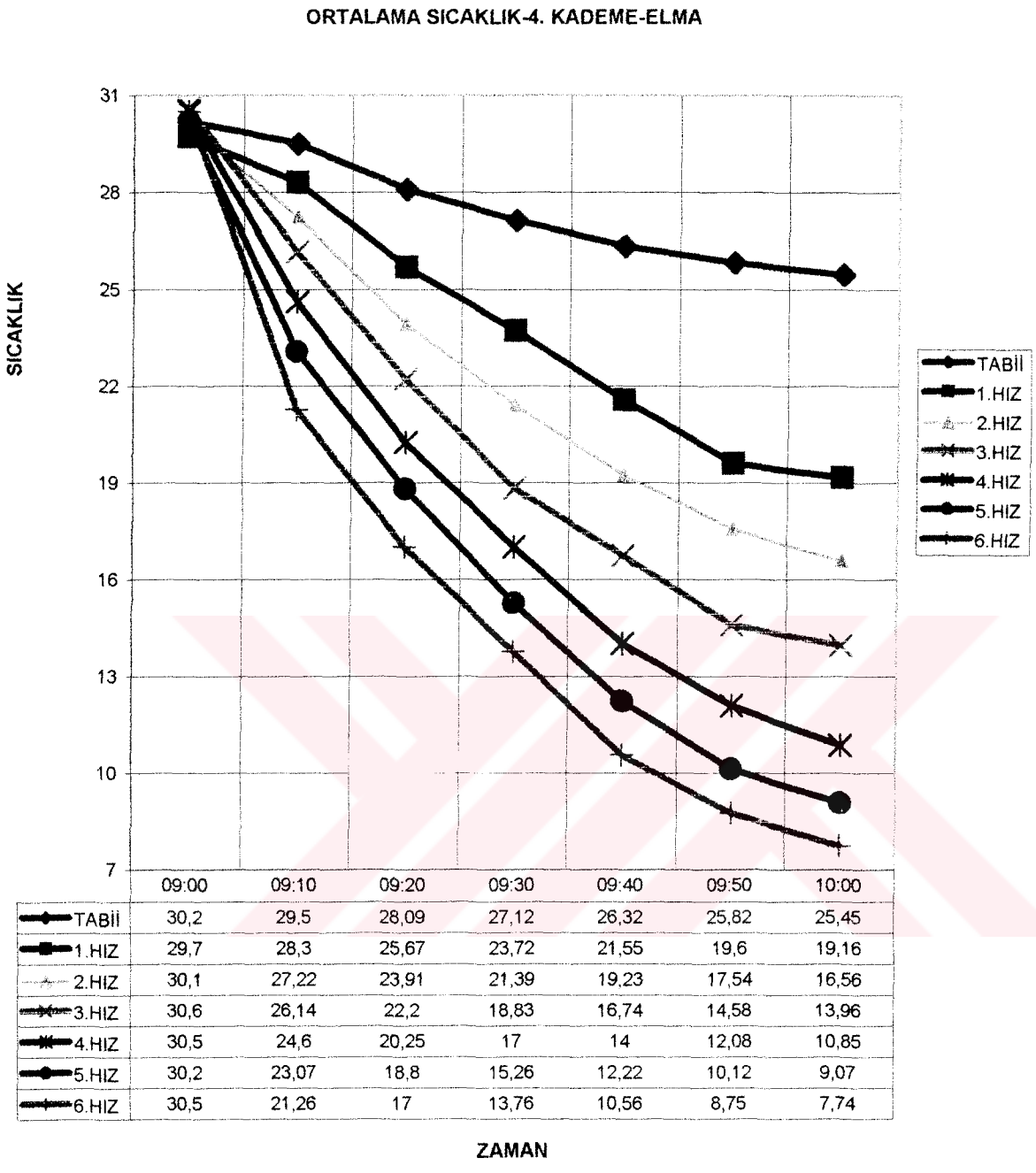
Şekil 4.36.'de görüldüğü gibi 1. Kademede sıcaklıklar 1. Hız hariç orantılı olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	29,9	28,9	27,9	26,5	25,4	24,2	23,5
1.HIZ	30	26,79	25,46	23,73	22,69	21,6	21,2
2.HIZ	30	25,71	23,87	21,53	19,44	18,4	17,69
3.HIZ	30,6	24,92	22,22	19,59	17,58	15,84	15,04
4.HIZ	30,1	23,91	20,85	18,18	16,07	14,33	13,47
5.HIZ	30,5	22,97	19,52	17	14,44	12,1	11,25
6.HIZ	30,4	21,53	17,93	15,2	13,07	10,7	8,87

Şekil 4.37. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın merkez sıcaklık dağılımı

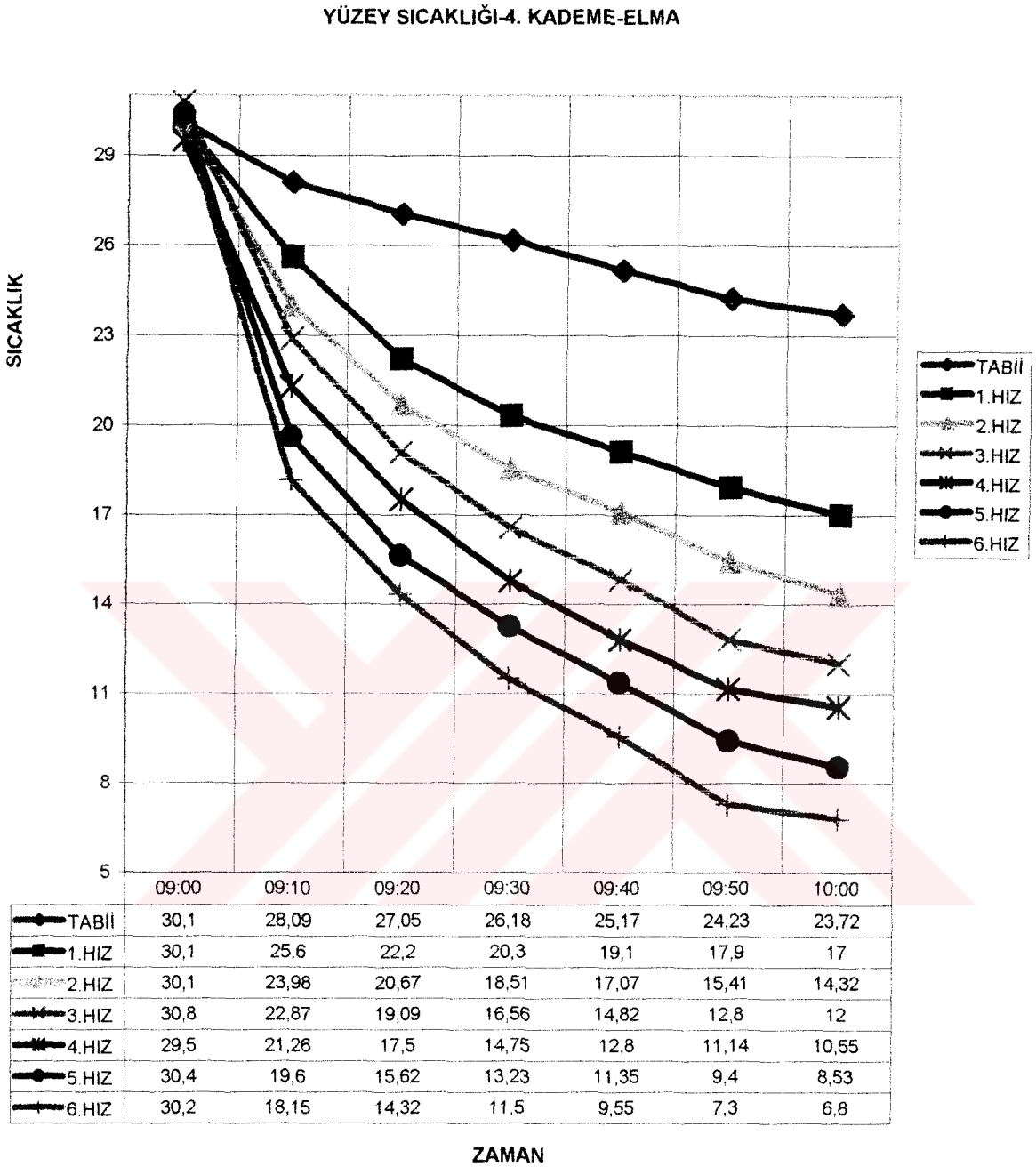
Şekil 4.37.'de görüldüğü gibi 4. Kademede sıcaklıklar 1. Hız hariç orantılı olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,2	29,5	28,09	27,12	26,32	25,82	25,45
1.HIZ	29,7	28,3	25,67	23,72	21,55	19,6	19,16
2.HIZ	30,1	27,22	23,91	21,39	19,23	17,54	16,56
3.HIZ	30,6	26,14	22,2	18,83	16,74	14,58	13,96
4.HIZ	30,5	24,6	20,25	17	14	12,08	10,85
5.HIZ	30,2	23,07	18,8	15,26	12,22	10,12	9,07
6.HIZ	30,5	21,26	17	13,76	10,56	8,75	7,74

Şekil 4.38. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın ortalama sıcaklık dağılımı

Şekil 4.38.'de görüldüğü gibi 4. Kademede sıcaklıklar tabiide daha yavaş olarak düşmektedir.



	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00
TABİİ	30,1	28,09	27,05	26,18	25,17	24,23	23,72
1.HIZ	30,1	25,6	22,2	20,3	19,1	17,9	17
2.HIZ	30,1	23,98	20,67	18,51	17,07	15,41	14,32
3.HIZ	30,8	22,87	19,09	16,56	14,82	12,8	12
4.HIZ	29,5	21,26	17,5	14,75	12,8	11,14	10,55
5.HIZ	30,4	19,6	15,62	13,23	11,35	9,4	8,53
6.HIZ	30,2	18,15	14,32	11,5	9,55	7,3	6,8

Şekil 4.39. Dördüncü kademede yapılan deneyde elmanın yüzey sıcaklık dağılımı

Şekil 4.39.'de görüldüğü gibi 4. Kademede sıcaklıklar 3. Hız hariç orantılı olarak düşmektedir.

Çizelge 4.1.Birinci kademede tabii evaporatörlü sistemin meyvelere göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....TABİİ										
KADEME.....1. KADEME										
HIZ.....										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ: 9:00	30,8	30,4	29,9	30,5	29,5	29,7	30,8	30,5	30,7	11,2
9:10	30,4	30,0	29,1	29,6	29,1	29,3	29,8	29,4	29,3	15,1
9:20	30,2	29,8	28,6	28,8	28,3	29	29,2	28,9	28,2	10,9
9:30	29,8	29,5	28,3	28,3	27,7	28,6	28,2	28,7	27,4	10,8
9:40	29,2	29,0	27,8	27,4	27,1	28	27,2	27,4	26,7	10,8
9:50	28,8	28,7	27,5	27,0	26,7	27,6	26,4	27,0	25,7	10,9
10:00	28,4	28,2	27,1	26,7	26,1	27	25,5	26,1	24,9	10,8

Çizelge 4.2.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 1. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....1.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ	31.1	31,0	30,3	30,8	30,1	30,5	30,7	30,5	30,0	10,0
	29.9	30,3	28,2	28,6	28,0	27,7	29,2	28,5	28,2	9,7
	29.6	28,9	26,8	27,3	27,1	26,6	28,2	27,2	26,6	9,7
	28,7	28,3	25,8	25,7	26,4	25,5	26,5	26,1	25,1	9,6
	28,0	28,0	24,7	25,0	25,6	24,6	25,6	24,8	23,9	9,6
	27,4	27,3	24,1	24,4	24,7	24,0	25,0	23,7	22,5	9,7
	27,1	26,7	23,7	24,2	24,3	23,2	23,5	23,1	21,6	9,6

Çizelge 4.3.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 2. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....2.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ	30,8	30,7	30,7	30,8	30,1	30,2	30,7	30,5	30,0	10,0
	29.3	29,7	27	27,8	27,4	27	28,6	27,6	26,9	10
	28.8	28,4	25,9	26,0	26,5	25,3	26,9	25,8	25	9,8
	27,8	27,5	25	24,3	25,4	24,1	24,8	24,1	23,2	9,7
	26,6	26,7	24,1	23,1	24,6	23,3	24,0	22,9	21,7	9,9
	26,2	25,9	23,4	22,0	24,1	22,6	23,1	21,7	20,7	9,4
	25,7	25,4	22,9	21,5	23,4	22,1	21,8	20,7	19,8	9,2

Çizelge 4.4.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 3. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....2.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,8	30,6	30,5	30,0	29,7	30,8	30,3	30,5	30,3	10,3
	28,9	29,4	26	27,4	26,9	26,2	28,1	25,4	25,7	9,1
	27,8	28,1	24,8	24,7	26,0	23,8	25,8	23	23,6	9,1
	26,7	26,4	23,9	22,7	25	22,6	23,5	20	21,8	9
	25,4	25,8	23	21,1	23,7	21,8	21,9	19,5	20,5	9
	24,6	24,9	22,4	20,1	22,9	21,1	21,3	18,5	19,0	9,1
	23,8	23,9	22,2	19,5	22,3	20,4	20,9	17,6	18,6	9

Çizelge 4.5.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 4. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....4.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAKLIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ	30,9	30,9	30,1	30,0	30,2	30,5	30,7	29,7	30,1	10,5
	26,9	29	25,3	26,7	26,5	25,5	27	25,4	24,7	9,2
	27,8	27,2	23,8	23,5	25,1	22,5	24,6	23	22,3	9
	25,4	25,8	22,7	21,4	24	25,2	22,4	20,9	20,5	8,8
	24,1	24,6	22	19,8	23	20,3	20,5	19,5	19,5	8,7
	23	23,8	25,4	18,8	21,7	19,7	19,8	18,5	18,2	8,9
	22,5	23	21,3	18,2	21	19	19,3	17,6	17,4	9,1

Çizelge 4.6.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 5. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....5.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAKLIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,9	30,9	29,5	29,3	29,9	30,6	30	30,2	30,6	10,7
	27,1	28,5	24,8	25,7	26,2	24,3	26,3	23,5	23,1	9,7
	25,3	26,6	22,9	22	24,2	21,4	23	20,7	20,9	9,2
	23,8	24,9	21,4	19,9	22,5	19,6	20	18,7	19,1	9,1
	22,3	23,7	20,4	18,5	20,5	18,5	17,7	16,9	18	8,9
	21,4	22,7	19,4	17,1	19,4	17,9	15,7	15,4	17	8,8
	20,6	21,4	18,7	16,7	18,5	17,1	14,7	14,8	16,4	8,7

Çizelge 4.7.Birinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 6. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....1.KADEME										
HIZ.....6.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,6	30	30,3	28,8	30,2	30,7	30,1	30,7	30,3	9,8
	26	28,2	23,9	24,7	25,4	23,4	25,3	21,6	21,5	9,1
	23,9	25,8	22,1	20,3	23,4	20,2	20,7	18,9	19,1	8,8
	22,5	24,1	20,2	18,3	20,9	18,3	18	17,1	17	8,6
	20,7	22,1	18,8	16,7	18,9	17,2	15,3	15,3	16,4	8,5
	19,6	20,4	17,9	16,0	17,5	16,2	13	13,9	15,6	8,6
	18,9	19,5	17,3	15,8	16,7	15,9	12	13,2	15	8,5

Çizelge 4.8.İkinci kademede tabii evaporatörlü sistemin sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Tabii										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ: 9:00	30,5	29,9	30,3	29,8	30,2	29,6	29,8	30,1	30	9,2
9:10	29,2	29,2	29	28,8	29,3	28,7	28,8	29,1	28,9	9,1
9:20	28,6	28,7	28,4	27,9	28,6	27,9	28	28,2	27,9	9
9:30	27,9	28	27,7	27	27,6	27	27	27	26,8	9,1
9:40	27,3	27,5	27,1	26,2	26,9	26,3	26,3	26,1	25,9	9,1
9:50	26,7	26,9	26,5	25,5	26,1	25,6	25,4	25,2	25,1	9
10:00	26,2	26,4	26,1	24,9	25,4	25	24,7	24,5	24,5	9

Çizelge 4.9.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 1. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....1.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,3	30,6	30,3	30,6	30,1	30,8	30,1	29,9	30	8,4
	28,8	29	27,9	28,7	28,5	27,7	27,5	28	27,5	8,1
	27,4	27,7	27	26,6	27,1	25,9	26,1	26,2	26,2	8
	26,3	26,6	26,1	24,9	25,9	24,4	24,6	24,6	24,8	7,9
	25,5	25,6	25,3	23,2	24,6	22,8	23,7	23,1	23,3	7,9
	24,8	24,6	24,5	22,1	23,9	21	22,8	22,2	22,2	8
	24,3	23,8	24	21,5	22,9	19,9	21,8	21,5	21,2	8

Çizelge 4.10.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 2. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....2.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,3	30,7	30,8	30,2	30,3	30	30,1	30,9	30,1	8,1
	28,4	28,3	27,1	27,6	27,5	26,7	26,5	26,9	26,9	7,8
	26,9	26,8	25,4	25,2	25,7	24,8	25,1	24,9	25,2	7,5
	25,4	25,6	24,4	23	24,2	23,2	22,9	23	23,8	7,1
	24,4	24,3	23,7	21,3	22,5	21,2	21,7	21,4	22,1	7
	23,1	23,4	23	20,3	21,7	19,6	20,7	20,6	21,1	6,9
	23	22,3	22,1	19,4	21,1	17,9	20,2	19,8	19,7	7

Çizelge 4.11.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 3. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....3.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,1	30,5	30,7	30	30,1	30,3	30,1	30,3	30,4	7,5
	28	27,9	26	26,8	27	25,8	25,7	26,1	25,7	7,4
	26	26	23,9	23,6	24,3	23,6	23,7	23,8	23,7	7,1
	24,4	24,5	23	21,2	22,6	21,1	21,6	21,2	22	6,8
	23	22,7	22,2	19,3	20,8	19,2	20,3	19,8	20,6	6,7
	21,9	21,7	21,4	18	20,1	17,5	19,3	18,6	19,4	6,7
	21,3	21	20,8	17,2	19,2	16,2	18,9	18,1	18,5	6,6

Çizelge 4.12.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 4. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....4.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30	30,9	29,8	30,7	30,5	30,5	29,7	29,2	29,9	7,1
	27,4	27	24,2	25,6	26,2	24,4	24,4	25,2	24,6	6,8
	25	24,7	21,9	22,4	23	21,1	22,1	22,2	21,9	6,6
	23	22,9	20,6	19,7	20,7	19,1	19,8	19,3	19,8	6,4
	21,6	20,6	20,1	17,2	19,2	16,9	18,7	17,7	18	6,1
	20,3	19,5	19,1	15,3	17,2	15	17,5	16,7	16,3	6
	19,6	18,7	18,5	14,1	17	14,1	16,8	16,2	15,3	6

Çizelge 4.13.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 5. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....5.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAKLIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	29,7	30,3	30	30,1	30	30,2	30,8	30,2	30	7
	26	26,2	21,9	22,5	23,9	22,1	23	24,1	22,9	6
	23,4	22,8	19,7	18,7	20	18	19,7	20,4	20,2	6,1
	21,4	20,8	18,3	16,6	18,3	15,7	17,9	17,6	17,8	6
	19,6	18,6	17,7	14,5	16,8	13,9	16	15,6	15,4	5,9
	17,8	17,1	16,8	13	15,6	12,5	15,2	15,1	13,4	5,7
	16,7	15,4	15,6	11,5	14,5	11,6	14,7	14,7	12,5	5,7

Çizelge 4.14.İkinci kademede cebri evaporatörlü sistemin 6. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....2.KADEME										
HIZ.....6.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAKLIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,5	30	30,2	30	29,7	30,1	30,3	30	30,8	6,8
	24,5	25,1	20,3	20,5	22	19,4	21	23,1	21,1	6,4
	22	21,7	17,3	16,1	18,4	15,7	18,2	18,5	18,7	6,1
	19,9	19,7	15,8	13,8	16	14	16,2	15,5	15,6	5,7
	17,9	17,5	15	11,8	14,3	12,2	14,5	14,4	13,5	5,6
	15,6	15,7	14,1	10,2	13	10,9	13,4	13,4	11,4	5,4
	14,5	14,3	13,4	8,8	11,9	9,9	12,9	12,9	10,3	5,4

Çizelge 4.15.Üçüncü kademede tabii evaporatörlü sisteme göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Tabii										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ: 9:00	30,4	30,5	29,9	30,3	30,2	30	30,1	30	29,9	8,5
9:10	29,7	29	29	29,8	29,4	29	29,1	29,2	29,5	9,18, 1
9:20	29	28,5	28,3	28,8	28,7	27,9	28,1	28,2	28,7	7,8
9:30	28,3	27,8	27,6	27,5	27,5	26,6	27,1	27,2	27,6	7
9:40	27,6	27,2	27 `	26,5	26,5	25,6	26	26,2	26,6	7
9:50	26,7	26,6	26,2	25,2	25,1	24,4	24,6	25	25,4	7,5
10:00	26,1	26,2	25,8	24,4	24,4	23,7	23,8	24	24,7	7

Çizelge 4.16.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 1. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....1.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	29,6	30	30,9	30,1	30	30	30,4	29,9	30,2	8
	29	27,9	26,6	28,3	28,5	26,8	28	27,4	24,8	7,8
	27	26,8	24,9	26	26,5	24,3	25,8	25	21,6	7,6
	25,2	25,7	23,8	25,5	25,2	22,1	23,4	22,6	19,5	7,1
	24,1	24,3	22,5	24	23,6	20,2	21,5	20,4	17,6	6,9
	22,7	23,6	21,8	22	22,2	19,1	19,9	18,8	15,9	7
	22,3	22,7	21,4	21	21,1	18,6	18,5	18,1	14,6	7

Çizelge 4.17.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 2. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....2.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,5	30,7	30,5	30,7	30,1	30,8	30,1	29,2	30	8
	28,2	27,2	25,4	27	27	24,7	27,1	26,1	23,7	7,4
	25,8	25,8	23,3	25,8	24,8	22,1	24,2	22,6	10,2	7,1
	23,6	24,7	22	24	23	19,5	21	19,8	18,1	6,9
	22,2	23,4	20,6	22,5	21	17,4	18,7	17,8	16	6,6
	21,1	22,1	19,8	20,5	19,6	15,9	16,1	15,8	14,5	6,7
	20,6	21	19,4	19,4	18,9	15,1	14,7	14,9	13,3	6,6

Çizelge 4.18.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 1. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....3.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30	30,3	30,2	30,2	30,1	30,3	30,1	30,9	30,1	7,8
	27,6	26,3	24,2	26,3	25,8	23,3	25,6	24,9	22,5	7,4
	24,7	25,1	22,3	24,3	23,6	20,2	21,9	21,7	18,8	7,1
	22,5	23,5	20,5	22,6	21,4	17,7	19	18,4	16,4	7
	20,6	22,4	19	20,8	19,4	15,8	16,6	15,8	14,2	6,8
	19,6	21	18	18,8	17,8	14,2	14	14,3	12,9	6,4
	19	19,8	17,6	17,4	16,7	13,3	12,8	13,6	11,8	6,4

Çizelge 4.19.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 4. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....4.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30	30,3	30,5	30,2	30,4	29,8	30,4	30,5	30,2	8,1
	26,7	25,4	23	25,6	24,5	21,8	24,2	23,5	21	7,6
	23,3	23	20,9	23,3	21,9	18,7	20,7	19,8	17,3	7,1
	21,2	21,6	18,8	21,2	19,7	16,1	17,7	17	14,8	6,8
	19	20	17,6	18,7	17	13,9	15	14,5	12,2	6,4
	17,4	19	16,4	16,7	15,6	12	12,2	12,9	10,8	6,4
	17	18	15,6	16	15	11	14,5	12,3	10,2	6

Çizelge 4.20.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 5. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....5.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,1	30,1	30,9	30,3	30,1	30	30,5	30,2	30,3	7,8
	25,6	24,4	22	25,1	22,9	20,5	23	22,1	19	7,1
	21,5	21,8	19	21,8	19,5	17,3	19,6	18,1	15,4	6,6
	19,5	20	16,8	19	17,5	14,8	16,3	15	12,5	6,1
	17,5	18,2	15,4	16,6	15	12,5	13,3	13,3	10,2	5,7
	15,8	17	14,5	14,2	12,9	10,3	10,7	11,4	8,6	5,7
	15,2	16,2	13,8	13,4	11,5	9,4	9,7	10,8	8,1	5,6

Çizelge 4.21.Üçüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 6. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....3.KADEME										
HIZ.....6.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30	30,5	30,4	30,5	30,3	30,2	30,1	30,2	30,8	8,5
	23,3	22,5	20,6	23,8	20,4	19,1	21,7	20,5	17,9	7,6
	20,1	20,3	17,4	20,4	17,5	15,7	18,6	16,4	13,9	7,1
	17,9	18,5	14,9	17,1	14,1	13,1	14,9	13,3	10,7	6
	15,6	17,1	13,4	14,5	11,8	10,9	11,6	11,6	8,4	6,1
	14,2	15,9	12,2	12,3	10,2	9,2	9,6	10	7	5,5
	13,4	15,1	11,9	10,9	9,1	8,3	8,6	9,3	6,4	5,6

Çizelge 4.22.Dördüncü kademede tabii evaporatörlü sistemin sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Tabii										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ: 9:00	30	30,3	30	30	30,6	30,2	29,9	30,2	30,1	7,1
9:10	29,4	30,1	29,4	29,2	29,8	28	28,9	29,5	28	6,6
9:20	28,8	28,7	28	28,6	28,4	27,2	27,9	28	27	6,1
9:30	28	27,7	27,2	27,8	27,5	26,3	26,5	27,1	26,1	5,9
9:40	27,4	27,1	26,3	27,1	26,2	25,7	25,4	26,3	25,1	5,8
9:50	26,6	26,3	25,6	26,2	25,1	25	24,2	25,8	24,2	5,8
10:00	26	25,6	24,8	25,6	24,7	24,4	23,5	25,4	23,7	5,9

Çizelge 4.23.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 1. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....1.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,2	29,9	30,5	30,4	30,2	29,9	30	29,7	30,1	7,5
	28,3	28,8	26,8	27,3	28,6	25,5	26,7	26,3	25,6	7,1
	26,6	26,9	24,9	26,1	27	23,2	25,4	25,6	22,2	6,6
	25,2	25,4	22,8	24,9	24,6	21,2	23,7	23,77	20,3	6,1
	23,6	23,5	20,7	23,6	23	19,4	22,6	21,5	19,1	5,8
	21,9	22,4	19,3	22,1	20,7	17,5	21,6	19,6	17,9	5,6
	21,4	22,2	18	21,7	19,8	16,7	21,2	19,1	17	5,5

Çizelge 4.24.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 2. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....2.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,4	30,5	30	30,2	30,2	30,5	30	29,7	30,1	6,9
	27,5	27,8	25,4	26	27,5	23,8	25,7	27,2	23,9	6,6
	25,8	25,4	23	24,3	25,7	20,5	23,8	23,9	20	6,2
	23,5	23,2	20,8	23	22,6	17,6	21,5	21,3	18,5	5,9
	21,5	21,7	18,6	21,6	19,9	15,7	19,4	19,2	17	5,4
	19,5	20,6	16,8	20	17,7	13,8	18,4	17,5	15,4	5,1
	17,2	20,2	15,6	19,1	16,4	12,5	17,6	16,5	14,3	4,9

Çizelge 4.25.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 3. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....3.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,1	30,5	30,8	30,4	30,4	30,1	30,6	30,6	30,8	7,1
	26,8	26,9	24,2	24,8	26,3	22,4	24,9	26,1	22,8	6,7
	24,5	24,4	21,7	22,9	24,1	19	22,2	22,2	19	6,2
	22,2	22,1	19	21	20,6	16,1	19,5	18,8	16,5	5,9
	20,1	20,2	17	19,2	17,5	13,6	17,5	16,7	14,8	5,4
	17,7	18,7	15	17,8	15	12	15,8	14,5	12,8	4,9
	16	18,3	13,9	16,9	14	10,9	15	13,9	12	4,6

Çizelge 4.24.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 4. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....4.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	30,1	29,8	29,1	30	29,5	29,7	30,1	30,1	30,5	7,1
	26,3	26,3	23,2	23,4	25,2	21,4	23,9	23,9	24,6	6,6
	23,5	23,1	20,1	21,1	22,1	17,7	20,8	20,8	20,2	5,9
	21	20,8	17,3	19	18,8	14	18,1	18,1	17	5,2
	18,7	18,6	15,1	17	15,3	11,8	16,4	16	14	4,7
	16,2	17,5	13,5	15,1	12,8	10,4	14,3	14,3	12	4,4
	14,7	16,9	12,4	14	12,1	9,7	13,4	13,4	10,8	4,2

Çizelge 4.24.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 5. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....5.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	29,6	29,9	30,4	30,5	30,5	30	30,5	30,2	30,4	7
	25,7	25,4	21,8	21,6	23,6	20,3	22,9	23	19,6	6,4
	22,3	22,2	18	19,3	20,3	16,5	19,5	18,8	15,6	5,9
	19,3	19,6	15,5	16,9	16,8	13,3	17	15,2	13,2	5,4
	16,9	16,8	13,6	14,7	13,5	10,9	14,4	12,2	11,3	4,7
	14,4	15,8	12	12,9	10,6	9	12,1	10,1	9,4	4,1
	13,4	15,4	11,4	11,3	9,5	7,9	11,2	9	8,5	3,9

Çizelge 4.24.Dördüncü kademede cebri evaporatörlü sistemin 6. Hıza göre sıcaklık dağılımı

EVAPORATÖR.....Fanlı										
KADEME.....4.KADEME										
HIZ.....6.Hız										
	GREYFURT			PORTAKAL			ELMA			KABİN SICAK LIĞI
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI ve SAATİ:	29,4	30,2	30,3	30	30,6	30,4	30,4	30,5	30,2	5,7
	24,7	24,7	20,9	20,6	22,5	18,9	21,5	21,2	18,2	4,8
	21	21,3	16,2	18	18,6	14,9	17,9	17	14,3	4,1
	18,2	17,7	13,3	15,1	15,1	12	15,2	13,7	11,5	3,8
	15	15,1	11,6	12,7	11,7	9,6	13	10,5	9,5	3,6
	12,8	13,9	10,4	101,6	8,6	7,2	10,7	8,7	7,3	3,4
	11,2	13,4	9,6	9,8	6,7	6,5	8,8	7,7	6,8	3,4

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5. 1. SONUÇ

Yapılan çalışmada grafiklerde görüleceği gibi tabii soğutma ile cebri soğutma arasındaki fark:

*Tabii soğutmada meyvelerin soğutulması daha uzun süreli olup soğutma hızı yavaş olmaktadır.

*Cebri soğutmada meyvelerin soğutulması tabii soğutmaya göre daha çabuk ulaşıldığı görülmektedir.

*Tabii soğutma ile cebri soğutma arasındaki soğutma hızı ve sıcaklığı farkları soğutma kademesi arttıkça daha fazlalaşmaktadır.

5. 2. ÖNERİLER

Soğutma işlemlerinin yapıldığı soğutma depoları ve diğer yerlerde tabii soğutma yerine cebri soğutma yapılırsa daha çabuk soğutma yapılacağından depolarda daha çabuk meyve giriş ve çıkışı sağlanacağından depolanacak meyve miktarı fazla olacaktır. Dolayısıyla tabii soğutmaya göre cebri soğutma daha ekonomik ve avantajlı olmaktadır.

KAYNAKLAR

Brierley, E. R., Bonner, PlL.R., Cobb, A.H., 1996, Factors influencing the tree amino acid content of potato (solanum tebe rasum 1) tubers during prolonged storage. Journal of the science of Food Agriculture 70 (4), 515-525.

Sekse, L., 1989. Storage And Storage Potantial of Sweet Cheries (prunus avium 1.) As. Relatet To Respiration Rate. (Acta Agriculture scandinavica, 1988, 38 (1) 59 – 66). Hort. Abst. 59 (2): 918.

Teskey, B.J.E., Shoemaker, J. S., 1978, Trer Fruit Production Third Edition. The AVI Publishing Company İNC Wetport, Conneneticut.p. 409.

Pala, M., Saygı, B., Devres. O., 1988. Meyve ve sebzelerin ön soğutulması. Gıda İşleme ve Saklanmasında Soğuk Tekniği Uygulamaları Semineri. İTO Yayın No: 1988 – 33 İstanbul. 111-120 s.

Resnizky. P., Sive, A., 1990 Extension of marketing period of Cherries: Conelusions of storage Triels in The 1988 season. (Alan Hanotea, 1969, 4412) 135-143) Hort Abst. 60 (2): 926.

Ryall, A. L., Lipton. W. J. 1979 Handling, Transportation storoge of Fruit And Vegetables (Vegetables And Melons). Vol. 1 AVI Publishing Company INC. Westport Connecticut. P. 587.

Ryall, A. L., Pentzer, W. T., 1982. Handling, Transportation And Strorege of Fruit And Vegetables (Fruit's And Tree Nuts) Vol. 2 AVI Publishing Company INC Wvstport Connecticut. P. 610.

Mitchell, F. G., 1992. Cooling Methods, Postharvest Technology of Horticultural crops. University of California, Division of Agriculture Anda Natural Resoures. P. 56-63.

Mangelli, M., 1983. Recent Findings On The Loss of water During Pre-Cooling In Air, with Special Reference To Certain Fruit Produce. (Frutticolturo, 1982, 44 (9/10) 39-46). Hort. Abst. 59 (4): 2473.

Karaçalı, İ., 1990. Bahçe ürünlerinin muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494. Bornova – İzmir 413 s.

ANONİM, 1967. Bozulabilir Ürünlerin Soğukta Muhafazasında Uyulması Gereken Kurallar. Uluslar arası Soğuk Enstitüsü, Paris/Çev. Gıda işleri Genel Müd. Yayın no: 32 ANKARA

RYALL, L, ve W. T. PENTZER. 1970. Handling, Transportation and storage of fruits and Vegetables. Vol. 2. Fruits and Tree Nuts. The AVI Publ. Co. Wesport. Connecticut, USA.

PANTASTİCO. Er. B., T. K. CHATTOPADHYAY ve H. SUBRAMANYAM, 1975. "Storage and commercical storoge eperations". In Postharvest Physiology, Handling and utilization of Tropical and subtropical Fruits and Vegetables. Pantestico Ed. The AVI Publ. Co. Westport. Connecticut. USA s: 314-339.

ARENOT, N. K. 1972. Fig cultivars. The Stake Nilu'to Botenical Gardens, Yolto. Proc. LVI: 23, 91.

Suntur, S. R., 1982., Besinleri Soğukta Saklama Teknolojisi, Çağlayan Kitabevi, İSTANBUL- 123-199.

Pala M., Saygı, B., 1988., Besinleri Soğukta Saklama Teknolojisi, Çağlayan Kitabevi, İSTANBUL. 123-199.

Sözen, M., 1988. Gıda İşleme ve Saklanmasında Soğuk Tekniği Uygulamaları Semineri, İstanbul Ticaret Odası İstanbul. 161-163.

Savaş, S, Türk, R., 1988, 5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, SİMER; ADANA. 11-22.

Dağsöz, A. K., 1995, Isı Geçişi Transferi, Beta Yayımevi, İSTANBUL s. 9-15

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Konya'da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini Konya'da tamamladı. 1992 yılında Selçuk Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Ankara Üniversitesi Çankırı Meslek Yüksek Okulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. 1997'te Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ