

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI SEBZE VE MEYVELERİN MİKRODALGA IŞINLARLA
KURUTULMASINDA KURUTMA PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ

109687

İLKNUR ALİBAŞ

T.C. YÜKSEKÖRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

109687

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

BURSA-2001

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI SEBZE VE MEYVELERİN MİKRODALGA IŞINLARLA
KURUTULMASINDA KURUTMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

İlknur A LİBAŞ ÖZKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 23 Ocak 2001 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu
ile kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Eşref IŞIK

Danışman



Prof. Dr. Ali OKTAY

Üye



Yrd. Doç. Dr. Ahmet DARGA

Üye

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılmayan bunun yanısıra gelişmiş ülkelerde özellikle baklagiller ve tahılların daha kısa sürelerde kurutma olanağını yaratabilmek amacıyla yaygın olarak kullanılan "mikrodalga ışınlarla kurutma yöntemi" ile bazı sebze ve meyvelerin kurutulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla ele alınan bazı sebze ve meyveler için kuruma sırasında gözleme dayalı olarak materyalde büzüşme ve yanığın oluşmadığı, renk, koku ve aroma özelliğinin kaybolmadığı en uygun mikrodalga kademesinin belirlenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmış ve yapılan bu çalışmaların sonucunda kurutulmaya çalışılan her materyal için ayrı-ayrı kombine kurutma yöntemleri belirlenmiştir. Ayrıca, materyallerin kurutulmuş nemine ulaştırılması sırasında sıcaklık-zaman grafikleri oluşturulmuş ve kuruma sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi ölçülmüştür.

Denemeler sonucunda mikrodalga ışınlarla kurutulmasına çalışılan sebze ve meyvelerin, diğer kurutma yöntemlerine göre oldukça kısa sürelerde kuruduğu, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmediği, uzun süre bozulmadan kalabildiği ve morfolojik açıdan her hangi bir değişime uğramadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: mikrodalga kurutma, kombine kurutma

ABSTRACT

In this study, an attempt was made in order to dry the eggplant using the method of "microwave drying" a method widely used in the drying of legumes and cereals in advanced countries with the aim of shortening the drying period, although not widely used in our country. Numerous studies were carried out with the aim of determining the most convenient microwave degree, and separate combined drying methods were determined for each material to be dried in the result of these studies. It was determined that no shrinkage and burning occurred and the characteristics of colour, smell and flavor did not disappear in the dried fruits and vegetables, during drying. Time-temperature curves were developed through determining the necessary parameters during the reaching of materials to the drying moisture and the values of electric power drawn from the network during drying were measured and stated graphically.

As a result of the trials, it was determined that the vegetables and fruits which were brought into stuffing form, could be dried in rather a short time using microwave rays, compared with the other drying methods; retaining its colour, flavour and taste characteristics and without being subjected to any change, morphologically.

Key words: microwave drying, combination drying.

İÇİNDEKİLER**SAYFA NO**

1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Patlıcanın mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	15
3.2.2. Bostan patlıcanının mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	15
3.2.3. Defne yaprağının mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	16
3.2.4. Dereotunun mikrodalga ışınlarla kurutma yöntemi	16
3.2.5. Dolmalık biberin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	16
3.2.6. Domatesin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	16
3.2.7. Havucun mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	16
3.2.8. Kabağın mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	17
3.2.9. Limonun mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	17
3.2.10. Maydanozun mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	17
3.2.11. Portakalın mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	17
3.2.12. Sivri biberin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	17
3.2.13. Yağ biberinin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	18
3.2.13.1. İnce-ince dilimlenmiş yağ biberinin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	18
3.2.13.2.Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin mikrodalga ışınlar ile kurutma yöntemi	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	19
4.1. Patlıcanın Araştırma Bulguları	19
4.2. Bostan Patlıcanının Araştırma Bulguları	20
4.3. Defne Yapracağının Araştırma Bulguları	25
4.4. Dereotunun Araştırma Bulguları	25
4.5. Dolmalık Biberin Araştırma Bulguları	30
4.6. Domatesin Araştırma Bulguları	30
4.7. Havucun Araştırma Bulguları	31

İÇİNDEKİLER	SAYFA NO
4.8. Kabağın Araştırma Bulguları	38
4.9. Limonun Araştırma Bulguları	38
4.10. Maydanozun Araştırma Bulguları	39
4.11. Portakalın Araştırma Bulguları	46
4.12. Sivri Biberin Araştırma Bulguları	46
4.13. Yağ Biberinin Araştırma Bulguları	47
4.13.1. İnce-ince Dilimlenmiş Yağ Biberinin Araştırma Bulguları	47
4.13.1. Boylamasına İkiye Bölünmüş Yağ Biberinin Araştırma Bulguları	56
5. SONUÇ	57
5.1. Patlıcan Kurutma Sonuçları	57
5.2. Bostan Patlıcanı Kurutma Sonuçları	58
5.3. Defne Yaprağı Kurutma Sonuçları	58
5.4. Dereotu Kurutma Sonuçları	59
5.5. Dolmalık Biber Kurutma Sonuçları	59
5.6. Domates Kurutma Sonuçları	60
5.7. Havuç Kurutma Sonuçları	60
5.8. Kabak Kurutma Sonuçları	61
5.9. Limon Kurutma Sonuçları	61
5.10. Maydanoz Kurutma Sonuçları	62
5.11. Portakal Kurutma Sonuçları	62
5.12. Sivri Biber Kurutma Sonuçları	63
5.13. Yağ Biberi Kurutma Sonuçları	63
5.13.1. İnce-ince Dilimlenmiş Yağ Biberi Kurutma Sonuçları	63
5.13.2. Boylamasına İkiye Bölünmüş Yağ Biberi Kurutma Sonuçları	64
6. KAYNAKLAR	65
TEŞEKKÜR	68
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİL LİSTESİ**SAYFA NO**

Şekil 1.	Dolmalık formdaki patlıcanın %85,58 nemden %10,23 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	21
Şekil 2.	Mikrodalga fırında patlıcanın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarı	22
Şekil 3.	Bostan patlıcanının %84,44 nemden %8,42 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	23
Şekil 4.	Mikrodalga fırında bostan patlıcanının kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	24
Şekil 5.	Defne yaprağının %79,80 nemden %9,76 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	26
Şekil 6.	Mikrodalga fırında defne yaprağının kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	27
Şekil 7.	Dereotunun %84,24 nemden %9,38 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	28
Şekil 8.	Dereotunun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	29
Şekil 9.	Dolmalık biberin %87,24 nemden %9,78 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	32
Şekil 10.	Dolma biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	33
Şekil 11.	Domatesin %92,04 nemden %12,36 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	34
Şekil 12.	Domatesin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	35
Şekil 13.	Havucun %81,14 nemden %8,99 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	36
Şekil 14.	Havucun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	37
Şekil 15.	Kabağın %92,80 nemden %9,80 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	40
Şekil 16.	Kabağın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	41

ŞEKİL LİSTESİ**SAYFA NO**

Şekil 17. Limonun %80,83 nemden %12,0 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	42
Şekil 18. Limonun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi	43
Şekil 19. Maydanozun %83,57 nemden %8,82 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	44
Şekil 20. Maydanozun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarı	45
Şekil 21. Portakalın %78,05 nemden %11,11 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	48
Şekil 22. Portakalın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	49
Şekil 23. Sivri biberin %87,50 nemden %8,62 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	50
Şekil 24. Sivri biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	51
Şekil 25. Dilimlenmiş yağ biberinin %89,25 nemden %10,10 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	52
Şekil 26. Dilimlenmiş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	53
Şekil 27. Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin %89,05 nemden %11,43 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri	54
Şekil 28. Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi	55

ÇİZELGE LİSTESİ**SAYFA NO**

Çizelge 1. Hava koşullarına bağlı olarak kuru ot hazırlamada kayıplar	2
Çizelge 2. Bazı ürünlerin hasadı ve depolanması sırasında meydana gelen kayıplar	2
Çizelge 3. Hasat ve depolamada çeşitli ürünler için uygun nem miktarı	3
Çizelge 4. Türkiye'deki meyve üretim değerleri	4
Çizelge 5. Türkiye'deki sebze üretim değerleri	5
Çizelge 6. 1997 yılında ihraç edilen kurutulmuş sebzelerin miktar ve değerleri	6
Çizelge 7. 1997 yılında ihraç edilen kurutulmuş meyvelerin miktar ve değerleri	6



1. GİRİŞ

İnsanların beslenmesinde önemli yere sahip olan tarımsal ürünler, üretimden tüketime kadar çeşitli kayıplara uğramaktadırlar. Örneğin tahıllarda, hasattan kullanıma kadar meydana gelen kayıplar yıllık tahıl üretiminin %10'unu, kuru ot üretiminin ise %28'ini oluşturmaktadır. Meyve ve sebze üretimindeki kayıplar ise yıllık üretimin % 35-40'ına ulaşmaktadır. Dünya toplam üretim rakamlarının büyüklüğü göz önüne getirilirse bu kayıpların ne kadar büyük değerlere ulaştığı anlaşılabilir. İnsanlık için besin maddelerinin yitirilmemesinden ötürü karşılaşılan zararın yanısıra, üreticinin ekonomik açıdan uğradığı kayıplar da küçümsenemeyecek boyutlara varır. Üretimden tüketime aktarılacak besin maddeleri miktarının en yüksek düzeyde kalmasını sağlamak amacıyla uygulanan bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu uygulamalar tarladan sofraya kadar olan büyük bir alanı kapsamaktadır.

Tarımsal ürünlerin korunması ve kullanılabilir ekonomik ömürlerinin artırılmasında uygulanabilecek çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler;

- Pastörize (mikroorganizmaları yok etme veya gelişmelerini durdurma)
- Soğutma (solunum miktarını azaltma)
- Atmosfer kontrolü (ürünün etrafındaki atmosfer koşullarında O₂ oranını azaltıp, CO₂ oranının artırılması)
- Kimyasal uygulamalar (propionic, acetic, bulyric ve formic asit gibi organik asitler ve amonyak gibi maddelerin ürünlerin kurutulmasında kullanılması)
- Beta ve Gamma Işınları (bu ışınlarla mikroorganizmalar iyonlaştırılır veya öldürülür)
- Kurutma (ısı ve hava hareketi yardımıyla nemin uzaklaştırılması)'dır.

Kurutma genel olarak, nemin ürün bölgesinden uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Tarım ürünlerine uygulanan kurutmanın bir çok amacı vardır. Bunlardan en önemli olanı kuşkusuz ürünün bozulmadan uzun süre depolanabilmesidir. Kısaca, ürünün bünyesinden nemin uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlayabileceğimiz kurutma giderek önemini artırmaktadır. Kurutma yardımıyla sağlanabilecek yararlar şöyledir.

- Ürünlerin erken hasat edilebilmesine olanak sağlar. Böylece yüksek nemde yapılan hasatta ürün dökülmeleri önlenir. Hasat kayıpları azalır. Erken hasat ikinci ürün için uygun yetiştirme periyodu sağlar. Bazı ürünlere ilişkin hasat ve depolama kayıpları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hava koşullarına bağlı olarak kuru ot hazırlamada kayıplar

Uygulanan işlem ve hava koşulları	Nişasta eşdeğeri olarak kayıplar (%)
Mekanik kayıplar ² (yağmur olmadan)	23
Mekanik kayıplar ¹ (yağmur olmadan)	39
Yağmur (ortalama)	50
1-20 dak 1-2 dak sağanak	44
12-63 dak 5-6 dak sağanak	54
Tüm işlemlerin ortalaması	45
1) Taze ottaki besin maddesi esasına göre	
2) Yaprak, sap vb. kayıplar	

Çizelge 2. Bazı ürünlerin hasadı ve depolanması sırasında meydana gelen kayıplar

Ürün	Hasat (%)	Depolama (%)
Tahıl (Buğday, yulaf, çavdar, arpa, pirinç)	5.0	4.5
Mısır	4.0	6.0
Pamuk, lif	2.5	0.25
Ot	21.0	7.0
Patates	7.0	8.0
Ot tohumları	17.5	-
Baklagil tohumları	30.0	-
Darı	15.0	6.0
Soya	5.0	-

• Ürünün bozulmadan uzun süre korunmasını sağlar. Çizelge 3'de hasat ve depolamada çeşitli ürünler için uygun yaklaşım nem miktarları verilmiştir.

• Tohumların filizlenme kabiliyeti daha uzun süre korunabilir.

• Tütün, kuru meyve ve kuru sebze gibi ekonomik değeri yüksek olan başka ürünlerin üretimine olanak verir.

• Tarımsal üretim artıklarının yeniden değerlendirilmesine olanak sağlar (küspe, kabuk, posa vb.).

- Ürünün nem miktarının düşmesi ile aroma ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin muhafaza edilmesini sağlar.

Çizelge 3. Hasat ve depolamada çeşitli ürünler için uygun nem miktarı (y.b.%)

Ürün	En Yüksek Hasat Nemi (%)	En Uygun Hasat Nemi (%)	Uygulamada Hasat Nemi (%)	Emniyetli Depolama İçin Max. Nem (%) 1 Yıl	Tahmini Nem (%) 2 Yıl
Mısır	35	24-30	14-30	13	11
Buğday	28	16-20	9-17	13-14	11-12
Arpa	-	16-20	10-18	13	11
Yulaf	32	-	10-18	13	10-11
Darı	-	-	10-20	13	10-11
Bezelye	28	22	17-20	17	-
Çeltik	30	17-23	16-24	13	-
Soya	-	-	9-20	13	10
Ot	-	70-80	-	20-25	15-20

- Kurutulan ürünün hacminin azalması, dolayısıyla ürünün önemli bileşenlerinin taşınma ve depolanmasındaki verimin artmasını sağlar.

- Pamuk , mısır, çay gibi ürünlerin işlenmesine olanak sağlar.

Ülkemizde ürünlerin büyük bir kısmı halen açık hava şartlarında kurutulmaktadır. Ekonomik açıdan dış ve iç pazarda, ürünlerin bu şekilde kurutulması sonucu kalite ve değer kaybı gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca açık hava şartlarında yapılan doğal kurutma işlemi sonucu kuru ürünün elde edilebilmesi için çok uzun sürelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da kurutma tesis ve sistemlerinin gerekliliğine ve artırılmasına bir işarettir.

İhraç ürünlerimizin başında gelen başlıca kurutulmuş meyveler, dünyaca ünlü sultaniye çekirdeksiz üzümü, fındık, incir ve kayısı gibi ürünlerdir. Bunlar ihracatta da ekonomik olarak önemli yer tutmaktadır. Ayrıca tahıl ürünlerinin depolanabilmesi için tahıl ürünlerinin de belirli bir nem değerine ulaşması gereklidir. Ülkemizde üretilen meyve ve sebzelerin üretim değerleri Çizelge 4 ve Çizelge 5'de, Türkiye'nin ihraç

ettiği belli başlı kurutulmuş sebze ve meyvelerin miktar ve ekonomik değerleri ise Çizelge 6 ve Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. Türkiye'deki meyve üretim değerleri (Ton), (DİE 2000)

Meyveler	1995	1996	1997	1998	1999
Üzüm	3.550.000	3.700.000	3.700.000	3.600.000	3.400.000
İncir	300.000	290.000	243.000	255.000	275.000
Elma	2.100.000	2.200.000	2.550.000	2.450.000	2.500.000
Armut	410.000	415.000	400.000	360.000	360.000
Erik	187.000	195.000	200.000	200.000	195.000
Kayısı	250.000	206.000	270.000	490.000	335.000
Şeftali	340.000	360.000	355.000	410.000	400.000
Fındık	455.000	446.000	410.000	580.000	530.000
Badem	37.000	43.000	33.000	36.000	43.000
Ceviz	110.000	115.000	115.000	120.000	120.000
Ayva	71.000	85.000	95.000	95.000	92.000
Yeni Dünya	12.500	12.600	10.000	11.500	12.000
Kiraz	186.000	200.000	215.000	195.000	250.000
Altıntop	65.000	75.000	55.000	100.000	140.000
Limon	418.000	401.000	270.000	390.000	520.000
Mandalina	453.000	450.000	365.000	480.000	500.000
Portakal	842.000	890.000	740.000	970.000	1.100.000
Antepfıstığı	36.000	60.000	70.000	35.000	40.000
Badem	37.000	43.000	33.000	36.000	43.000
Çilek	76.000	107.000	110.000	120.000	129.000
Muz	31.000	32.600	28.000	32.000	34.000

Çizelge 5. Türkiye'deki sebze üretim değerleri (Ton), (DİE 2000)

Sebzeler	1995	1996	1997	1998	1999
Yaprağı yenen sebzeler	1.491.930	1.506.080	1.527.400	1.598.750	1.633.680
Lahana (baş)	573.000	575.000	577.000	612.000	621.000
Lahana (K. yaprak)	102.000	103.000	102.000	100.000	96.000
Enginar	18.000	20.000	24.500	26.500	25.800
Kereviz	12.000	18.000	20.000	16.000	16.500
Marul (kıvrıkcık)	84.000	85.000	97.000	105.000	110.000
Marul (göbekli)	165.000	165.000	165.000	195.000	197.000
İspanak	180.000	180.000	181.000	191.000	200.000
Pırasa	315.000	316.000	312.000	302.000	314.000
Pazı	8.500	9.000	8.500	8.000	7.650
Semizotu	1.400	1.650	1.750	1.850	1.900
Dereotu	430	430	550	1.500	1.550
Maydanoz	27.000	27.000	32.000	33.000	35.500
Nane	3.000	3.100	3.000	4.600	3.800
Roka	1.100	900	1.100	1.000	1.780
Tere	1.500	1.500	2.000	1.300	1.200
Meyvesi yenen sebzeler	16.101.000	17.321.000	15.933.000	18.246.500	19.122.500
Kavun-karpuz	5.400.000	5.800.000	5.550.000	5.815.000	5.725.000
Balkabağı	58.000	65.000	64.000	65.000	66.000
Kabak (sakız)	290.000	330.000	317.000	262.000	263.000
Hıyar	1.250.000	1.300.000	1.400.000	1.475.000	1.650.000
Patlıcan	750.000	850.000	847.000	915.000	976.000
Bamya	23.000	26.000	25.000	24.500	24.500
Domates	7.250.000	7.800.000	6.600.000	8.290.000	8.956.000
Biber (dolmalık)	330.000	350.000	330.000	390.000	393.000
Biber (sivri)	750.000	800.000	800.000	1.010.000	1.069.000
Baklagil sebzeler	601.900	607.750	595.500	603.000	622.000
Fasulye	460.000	455.000	450.000	455.000	471.000
Bezelye	49.000	43.000	50.000	52.000	55.000
Bakla	50.000	55.000	47.000	47.000	45.000
Barbunya fasulye	36.000	45.000	38.500	39.000	40.000
Börülce	6.900	9.750	10.000	10.000	11.000
Soğansız sebzeler	669.500	696.450	643.750	620.830	628.660
Sarımsak (taze)	29.500	25.000	26.5000	26.000	22.600
Soğan (taze)	235.000	230.000	235.000	210.000	218.000
Havuç	250.000	270.000	240.000	232.000	239.000
Turp (bayır)	22.500	20.000	20.000	21.000	21.500
Turp (kırmızı)	131.000	150.000	120.000	130.000	126.000
Yerelması	600	700	650	630	460
Şalgam	900	750	1.600	1.200	1.100
Diğer sebzeler	80.015	85.015	85.012	82.512	76.512
Karnabahar	80.000	85.000	85.000	82.500	76.500
Kuşkonmaz	15	15	12	12	12

Çizelge 6. 1997 yılında ihraç edilen kurutulmuş sebzelerin miktar ve değerleri (DİE,1997) (Sebzeler, bütün, kesilmiş, dilimlenmiş, kıyılmış ve toz halindedir.)

Sebzeler	Miktar (kg)	Değer (\$)
Kurutulmuş soğan	15.335	17.217
Kurutulmuş domates	1.903.651	7.570.768
Kurutulmuş sarımsak	80.628	107.498
Kurutulmuş bezelye	7.590	4.064
Kurutulmuş patlıcan	80.927	246.254
Kurutulmuş kabak	15.957	106.701
Kurutulmuş mısır	449.077	2.778.901
Kurutulmuş mantar	36.742	1.712.536
Kurutulmuş bamya	18.958	127.944

Çizelge 7. 1997 yılında ihraç edilen kurutulmuş meyvelerin miktar ve değerleri (DİE,1997) (Sebzeler, bütün, kesilmiş, dilimlenmiş, kıyılmış ve toz halindedir.)

Meyveler	Miktar (kg)	Değer (\$)
Kurutulmuş üzüm	180.858.100	206.228.000
Kurutulmuş kayısı	40.431.300	111.488.000
Kurutulmuş fındık*	138.558.800	622.257.000
Kurutulmuş elma	1.383.276	2.081.000
Kurutulmuş erik	747.154	645.000
Kurutulmuş incir	33.996.900	62.000.000
Kurutulmuş armut	44.600	89.000
Kurutulmuş dut	13.900	37.000
Kurutulmuş ceviz*	301.700	1.451.000
Kurutulmuş badem	565.800	842.000
Kurutulmuş şeftali	48.100	175.000

* istatistiklerde bu değer kurutulmuş ürünle taze ürünün birlikte verildiği değerlerdir.

Kurutma işlemi genel olarak, açık hava şartlarında, sıcak havayla ve diğer enerji kaynaklarıyla yapılabilir. Diğer enerji kaynaklarıyla yapılan kurutma yöntemleri

ise vakumla kurutma, köpürtmeli kurutma, kızıl ötesi ışınlama kurutma, osmotik kurutma, püskürtmeli kurutma, dielektrik ve mikrodalga kurutma yöntemleridir.

Mikrodalga ısıtma, 300 Mhz ile 300 Ghz frekans bandı aralığında kullanılır. Mikrodalga ışınlamaların dalga boyları 1 nm ile 1 m arasındadır. Mikrodalga kurutma ve ısıtma uygulamalarında kullanılabilen frekanslar, 14, 56-27, 12-40, 68-896; 915 ve 2450 Mhz' dir (Yağcıoğlu, 1999).

Kısa sürede ve dolayısıyla daha az enerji harcayarak ısıtma yeteneği nedeniyle özellikle mutfaklarda " mikrodalga fırınlar" ile kullanım alanı bulan mikrodalga ışınlarla ısıtma tekniği ürün moleküllerinin titreştirilmesi ilkesine dayanır. Mikrodalga kurutma tekniğinin esası, kurutulacak materyal içindeki su moleküllerinin polarize edilerek hızla hareketlenmelerine olanak vermek ve buna bağlı olarak ortaya çıkan moleküler sürtünmeyle ısının ortaya çıkmasını sağlamaktır. Mikrodalga kurutmada enerji, materyalin derinliklerine kadar inebilmelidir. Aksi durumda kurutulacak ürünün sadece yüzeyi ısınır. Işınlamanın etkileyebildiği derinlik, dalga boyuna, ürünün dielektrik sabitine ve kayıp faktörüne bağlıdır. Dalga boyu küçüldükçe ve frekans arttıkça ışınımın ürüne girme derinliği azalmaktadır (Yağcıoğlu, 1999).

Mikrodalga ışınlar ürünün iç enerjisini artırmasından dolayı, ürünün merkezinden başlayarak materyal içerisindeki molekülleri harekete geçirmekte ve moleküllerin birbirlerine sürtünmesi ile ısı açığa çıkarmaktadır. Ortaya çıkan ısı materyalin hücrelerinde bulunan suyu buharlaştırmakta ve ürünün sıcaklığının artmasını sağlayarak, ürünü ısınmasına neden olmaktadır. Bu olay ilk bakışta ısıtma işlemi gibi gözükse de, aslında bir çeşit üründen nemin uzaklaştırılması işlemidir.

Kurutma sırasında doğrudan su moleküllerinin ısıtılıp buharlaşması nedeniyle kurutma etkinliğinin yüksek olması, kurutmanın normal atmosfer basıncı altında ve düşük çevre sıcaklığında yapılmasından dolayı üründe yapısal bozulmaların oluşmaması, kurutma homojenliğinin yüksek olması, suyun ürünün içerisinde buharlaşıp, yüzeye kadar buhar fazında taşınmasından dolayı erimiş maddelerin taşınmadan oldukları yerde kalmaları ve kuruma süresinin diğer yöntemlere göre oldukça kısa olması gibi avantajlar mikrodalga kurutma yöntemini giderek daha çok tercih edilen bir kurutma yöntemi haline getirmiştir.

Mikrodalga kurutma sistemleri sıcak havalı kurutma sistemleriyle birlikte kullanılarak, kurutma süresi önemli ölçüde azaltılabilir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mikrodalga ışınlarla kurutma konulu araştırmaların temelini denemeler oluşturmaktadır. Hazırlanan deneme düzenekleri yardımıyla değişik tarım ürünlerinin mikrodalga ışınlarla kısa sürelerde kurutulmasına çalışılmıştır. Denemelerin farklı tarımsal ürünlerde ve farklı kriterlerde saptanmasına rağmen, araştırmacıların vardığı sonuçlar birbirine çok yakındır.

CHUNG (1989) "Fındığın Mikrodalga ile Kurutulması" adlı çalışmasında mikrodalga enerjisinin kurutma amaçlı kullanımı sonucu fındıklarda yüksek verim ve iyi kaliteli danelerin oluştuğunu gözlemlemiştir. Mikrodalga güç düzeyini danelerin kalitesini etkileyen en önemli faktör olarak saptamış ve dane kalitesinin mikrodalga güç düzeyinin artmasıyla azalacağı kanısına varmıştır. Fındıkların başlangıç nemleri ne kadar yüksek ise danelerin kalitesinin de o kadar düşük olacağı sonucuna varmıştır.

GUNASEKARAN (1989) başlangıç nemleri %29 - %21 arasında olan mısır örneklerini, hem sürekli, hem de şok mikrodalga kurutma yöntemiyle 250 - 500 W koşullarında çalışabilen laboratuvar tipi bir mikrodalga fırın kullanarak kurutmuştur. Şok kurutma yönteminde 10 s ile 15 s 'lik iki güç uygulama süresi kullanmış ve güç kesme sürelerini 25 ile 75 s arasında değiştirmiştir. Mikrodalga fırının, 250 W mikrodalga gücünde 10 s güç uygulama ve 75 s güç kesme süresinden oluşan şoklarda çalıştırıldığında optimum kurumanın gerçekleşeceği sonucuna varmıştır.

ST JOHN (1989) yerkıstıklarının (kabuklu ve iç), tek katman halinde, 2450 MHz frekansta, farklı güç seviyelerinde mikrodalga kaynağına maruz bırakılarak kurutulması sırasındaki davranışlarını incelemiştir. Kurutma sırasındaki ağırlık kaybının izlenmesi amacıyla deneysel bir mikrodalga kurutma cihazı tasarlamış ve bu cihazın prototipini oluşturmuştur. Taze olarak hasat edilmiş ve kısmen kurutulmuş yerkıstıklarını 250 ile 1000 W arasında değişen etkin mikrodalga güç seviyelerine maruz bırakmış ve mikrodalga gücünün kuruma hızı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, hava akış hızını, sıcaklığı ve oransal nemi sırasıyla 0,1 m/s, 22°C ve %30'da sabit tutmuştur. Mikrodalga ile kurutma sonucu kabuklu fıstıklarda, sıcak havayla kurutma hızının 10 ile 94 katı, iç fıstıklarda ise 8 ile 32 katı arasında değişen kuruma hızları elde etmiş ve bu çalışmaların sonunda tohum sıcaklığı 41-58 °C arasında değişmiştir. Kabuklu ve iç fıstıkların, zaman ve mikrodalga güç düzeyine göre kurumalarını tahmin için genel denklemler oluşturmuştur.

TSANG (1989) yaptığı çalışmada fındıkların hızlı bir şekilde kurutulması amacıyla ev tipi bir mikrodalga fırın kullanmıştır. Mikrodalga fırın içine yerleştirdiği ve zoraki hava akımı yaratan bir fan yardımıyla kuruma süresini 48 saatten 16 dakikaya kadar düşürmüştür ve ev tipi mikrodalga fırında yapılan kurutma işlemi ile fanlı mikrodalga kurutucudaki kurutma işlemi arasında yüzde nem değeri açısından her hangi bir farklılık oluşmadığı sonucuna varmıştır.

SHIVHARE (1990) mikrodalga gücünün, tohumluk cins mısırın kuruma özellikleri ve ürün kalitesi üzerindeki etkisini, mikrodalga fırına giren havanın farklı hız ve sıcaklık değerlerinde araştırmıştır. Absorbe edilen mikrodalga gücü, yaş danenin gramı başına 0,25 W' dan 0,50 W ve 0,75 W'a çıkarıldığında, kuruma süresinin 5 saatten sırasıyla 3,5 ve 2,25 saate kadar indiğini saptamıştır. Dane sıcaklığının bir göstergesi olan hava çıkış kanallarındaki hava sıcaklığının absorbe edilen gücün artışına bağlı olarak arttığını ve bunun ürün kalitesinde bir azalma ile sonuçlandığını ortaya koymuştur. Hava akış hızının artmasıyla, mikrodalga fırın tablasında bulunan mısır danelerinin soğuduğunu ve böylece tohumlukta yüksek çimlenme kabiliyetinin oluştuğunu belirlemiştir. Hava giriş kanallarındaki hava sıcaklığının toplam kuruma süresi ve ürün kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varmıştır.

WADSWORTH (1990) basıncı düşürülmüş ortamda pirinçleri kısmen kaynatılmış halde iken mikrodalga ile kurutmuş ve mikrodalga ile kurutma sırasında buharlaşma şartlarını, mikrodalga güç düzeyini, kurutma basıncını, kuruma süresini ve sonuç nem kapasitesini incelemiştir. Mikrodalga ile kurutma işleminden önce pirincin kısmen kaynatılmasının, kurutma hızı ve kurutma etkinliği üzerinde direkt bir etkisinin olmadığı kanısına varmıştır. Buharda tutma süresi uzadığında, öğütme verimlerinde küçük bir azalmanın meydana geldiğini, kurutma hızının, mikrodalga güç düzeyiyle doğru orantılı olduğunu ve vakumlu ortamda mikrodalga enerjisi kullanılarak pirincin kurutulması işleminde kuruma hızının, pirincin nem kapasitesi % 18'in altına düşene dek sabit kaldığını saptamıştır. Mikrodalga kurutucu içindeki basıncın düşürülmesinin diğer bir ifade ile vakum oluşturulmasının kuruma hızını ve kurutma etkinliğini yükselttiğini, pirinç sıcaklığını ise azalttığını ortaya koymuştur.

SHIVHARE 1992 yılında yaptığı çalışmada, mikrodalga ile değişik kurutma yöntemleri denemiş ve bu yöntemlerin sonucunda mısırın denge nem kapasitesini deneysel olarak belirlemiştir. Mısıra 72 saat mikrodalga uygulaması yapıldıktan sonra bile mısırın tam olarak kurumadığını ortaya koymuştur ve denge nem kapasitesinin hava hızı arttıkça artacağını, mikrodalga gücü arttıkça azalacağını saptamıştır.

SHIVHARE (1992) yaptığı çalışmada, mısırın kurutulmasında, kesikli olarak uygulanan mikrodalga uygulamasının, hava akımının neden olduğu enerji kaybını azalttığını; ancak, enerji ihtiyacının, aynı mikrodalga gücünde kesintisiz mikrodalga uygulamasına kıyasla daha düşük düzeyde olduğunu saptamıştır. Kuruma için geçen sürenin, kesikli mikrodalga uygulamasında artış gösterdiğini; fakat, mikrodalga uygulamasının toplam süresinin, sürekli olarak mikrodalga ile kurutma yönteminden daha az olduğunu belirlemiş ve bu yolla enerji kayıplarında önemli ölçüde azalma elde etmiştir. Çalışılan kurutma şartlarında kurutulan mısırın kalitesinin, tohum sertifikasyon standartlarını karşılayamadığı sonucuna varmış ve 0,5 W/g absorpsiyon gücünde 5-15 dakikalık çalışma süresi sonunda tohumluk kalitede mısırın elde edilebilmesinin mümkün olabileceği tahmininde bulunmuştur.

SHIVHARE (1992) sabit güçte kesintisiz mikrodalga uygulaması sonucunda kuruma hızının mikrodalga güç düzeyinin yükselmesi ile arttığını, hava hızının artışıyla azaldığını ve kurutulan danelerin sıcaklığının güç seviyesinin yükseltilmesi ile arttığını belirlemiştir. Mikrodalga fırından çıkan hava sıcaklığının, güç seviyesinin artmasıyla bir artış gösterdiğini ve hava giriş sıcaklığının kurumanın seyrini etkilemediğini ortaya koymuştur. Mısırın nem içeriğinin yüksek hava giriş hızlarında daha yüksek olduğu ve tohumluğun çimlenme kabiliyetinin mikrodalga güç düzeyi arttıkça azaldığını saptamıştır. Hava giriş hızı arttıkça çimlenme kabiliyetinde de bir artış kaydedildiğini belirlemiş ve sertifikalı tohumluk eldesi için mısırın mikrodalga ile kurutulması işleminde 0,25 W/g 'dan daha yüksek olmayan güç düzeylerinin kullanımını tavsiye etmiştir.

TULASIDAS 1993 yılında yaptığı bir çalışmada sultani çekirdeksiz üzümünü fanlı ve mikrodalga fırın fonksiyonları olan bir fırında, sıcak havayla ve mikrodalga ile kurutma yöntemlerinin kombinasyonu ile kurutmuş ve kuruma hızı üzerinde kimyasal ön uygulamanın etkisini araştırmıştır. Meyvelerin, etil oleatlı sıcak alkali çözeltisine batırılmasının, kuruma süresini önemli ölçüde azalttığını ve kimyasal uygulamaların yüksek kaliteli kuru ürünün elde edilmesini sağladığını belirtmiştir. Mikrodalga ile kurutma yönteminin kuruma süresini önemli ölçüde azalttığını, mikrodalga ışınlarla kurutma yönteminde kimyasal ön uygulama yapılmadığı takdirde bile yeterli ürün kalitesine sahip kuru ürünün elde edildiğini ve üzümün mikrodalga ile kurutulmasında 50°C'lik mikrodalga sıcaklığının optimum sıcaklık olduğunu saptamıştır.

ADU (1994) 2450 MHz'de farklı seviyelerde mikrodalga gücüne maruz bırakılan ince tabakalar halindeki soya fasulyelerinin kuruma davranışlarını, kurutma sırasındaki anlık güç ihtiyacını ve kuruma sırasında oluşan kütle kaybını ölçmek için tasarlanan tek fonksiyonlu bir mikrodalga fırın kullanarak incelemiştir. Başlangıç nemi kuru baza göre %24,5 ile 15,2 arasında olan örneklerin her birini, 0.76, 0.57 ve 0.36 W/g güçlerinde kurutmuştur. Soya fasulyelerinin kuruma hızının, absorpsiyon gücünün azalmasıyla azaldığını ve aynı mikrodalga absorpsiyon gücündeki kuruma hızının, kuru baza göre başlangıç nem değerlerinin %22 ve %24,5 arasında olduğu durumlarda değişmediğini, fakat, kuru baza göre başlangıç nem değerinin %22'nin altına düştüğü durumlarda azaldığını saptamıştır. Soya fasulyelerini, suyun difüzyonunun basit olduğu bir materyal olarak değerlendirmiştir.

KARTING (1994) 26 tıbbi bitkinin yapraklarını, dallarını, çiçeklerini, meyvelerini tohumlarını ve köklerini 300, 600, 900 ve 1200 W 'a ayarlanmış bir mikrodalga fırın kullanarak kurutmuştur. Sıcak hava ile kurutma yöntemine göre mikrodalga ile kurutma yönteminde bitki materyalinin renk açısından daha iyi kuruduğu sonucuna varmıştır.

CHEN CHIA CHUNG (1995) İşlenmemiş pirinci ve diğer tahılları, ev tipi bir mikrodalga fırın kullanarak kurutmuş ve sıcak hava yayan fanlı fırında yapılan bir kurutma denemesini, mikrodalga kurutma yöntemindeki nem kapsamını belirlemek için, şahit yöntem olarak kullanmıştır. 420 W gücündeki bir mikrodalga fırınla, kavuzlu pirincin kurutulması için 14 – 15 dakikalık bir sürenin yeterli olduğu sonucuna varmıştır.

KOSTAROPOULOS 1995 yılında yaptığı bir çalışmada, alkali çözeltilisine batırılmış ya da ağartılmış taze sultani çekirdeksiz üzümlelerini, mikrodalga fırında ön kurutma uygulaması yaparak ya da ön uygulama yapmaksızın güneşte kurutmuştur. Alkali çözeltilisine batırdığı taneleri, bir dakika süreyle % 2,5'lik K_2CO_3 ve % 0,5 'lik zeytinyağı karışımından oluşan bir solüsyona batırılmış, ağarttığı taneleri ise yarım dakika süre ile kaynar suda tuttukten sonra soğuk suda oda sıcaklığına (23°C) düşene dek soğutmuştur. Bandırma yapılan üzümlere mikrodalga ön uygulama yapılmasının nem kapsamını %10-20 oranında azalttığı ve bu üzümlerin ön uygulama yapılmaksızın güneşte kurutulan üzümlere kıyasla yaklaşık iki kat daha hızlı kuruduğunu belirlemiştir. Taze üzümlere hiçbir kimyasal uygulama yapılmaksızın uygulanan mikrodalga ön uygulamasının başarılı olmadığını, zira, tanelerin kabuklarının su geçirgenliğinin düşük olmasından dolayı şişip patladıklarını

gözlemlemiştir. Mikrodalga ön uygulama etkisinin, kurutma işleminden önce uygulanan ağartma işlemiyle aynı kurutma etkisine sahip olduğunu ve mikrodalga ön uygulamasının kuru üzüm kalitesinde herhangi bir etkiye neden olmadığını saptamıştır. Taze sultani çekirdeksiz üzümlerinin alkali çözeltisine batırılmasından sonra mikrodalga ile ön kurutma işleminin yapılmasından oluşan kombine bir kurutma uygulamasının, kuru üzüm üretim safhasında güneşte kurutma süresini azalttığı sonucuna varmıştır.

TULASIDAS (1997), sultani çekirdeksiz üzümlerinin kurutulmasını 2450 MHz koşullarında çalışan, fanlı ve mikrodalga fırın fonksiyonları olan bir mikrodalga fırın kullanarak gerçekleştirmiştir. Üzümlerin fiziksel özellikleri ile üzüm nem içeriği arasındaki bağıntıyı belirlemek amacıyla denemeler yapmış ve bu bağıntıları bir mikrodalga kurutma modelinin oluşturulmasında kullanmıştır. Yaptığı denemelerin sonucunda üzümlerin büzüşmeye uğramadan kuruduklarını saptamıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Mikrodalga ile kurutma denemeleri, Arçelik Firması yapımı MD 592 model bir mikrodalga fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fırın 230 V ~, 50 Hz ve 2900W koşullarında çalışabilmektedir.

Mikrodalga fırın fanlı fırın ve ızgara özellikleri ile çok fonksiyonlu bir fırındır. Bu çalışmada çok fonksiyonlu bir fırının kullanılma sebebi, mikrodalga kurutma yönteminin sıcak havalı kurutma yöntemiyle birlikte kullanılması sonucu daha etkin değerlerin elde edilmesidir.

Fırının başlıca parçaları, mikrodalga enerjisi sağlayabilen magnetron, ısıtıcı, döner tabla motoru, yüksek gerilim trafosu, güç kartı, yüksek gerilim kapasitörü, yüksek gerilim diyodu, parazit filtresi, fan motoru, kontrol panosu, kılıf (dış gövde), fırın içi alt ve üst plaka, switch ünitesi, kapak camı, grill termostatu, güç kartı sigortası, quartz tüpü reflektörü, fırın termostatu, fırın lambası ve magnetron termostatıdır.

Kullanılan mikrodalga fırın, 0, 90, 160, 350, 500, 650, 750, 850, 1000 W olmak üzere toplam 9 ayrı mikrodalga kademesinde çalışabilmektedir. Ayrıca fırın oluşabilecek olası bir sızdırmaya ihtimal vermeyecek şekilde yalıtılmıştır. Kapağın herhangi bir sebeple açılması durumunda derhal mikrodalga etkinliği sistem tarafından kesilmektedir. Fırının belirli bir noktasında sisteme zarar verecek bir deformasyon oluştuğunda mikrodalga akımı sistem tarafından devre dışı bırakılmaktadır. Kapak ışınların dışarı sızmasını engellemek için 3 ayrı filtre ile donatılmıştır. Kullandığımız fırının hızlı ısıtma ve fanlı fırın fonksiyonları da vardır. Hızlı ısıtma fonksiyonu 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 ve 250 °C olmak üzere toplam 9 ayrı kademe, fanlı fırın fonksiyonu ise 0, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 ve 250 °C olmak üzere 10 farklı kademe sağlanabilmektedir. Fırın zaman ayarını yapabilen bir zamanlama sistemine sahiptir. Ayrıca mikrodalga + ızgara ve ızgara fonksiyonu da bulunan fırının, denemelerimizde optimum kurutmanın sağlanabilmesi amacıyla sadece fanlı fırın ve mikrodalga fonksiyonları kullanılmıştır.

Arçelik marka MD 592 model ev tipi mikrodalga fırın ile yapılan kurutma çalışmalarında fırın içindeki materyalin sıcaklığını ölçebilmek amacıyla yapılan denemeler, Kocaeli İli'nin Gebze İlçesi'nde kurulu olan Gaz Aletleri A.Ş. Firmasının Araştırma Geliştirme Laboratuvarı'nda bulunan, 45 kanaldan sıcaklık ölçümü

yapabilen bir data-logger (veri toplama cihazı) kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada, mikrodalga ile kurutma işlemi sırasında materyalin merkez sıcaklığının aşırı artması nedeni ile, en çok 450°C' ye kadar dayanabilen normal bakır problar yerine 1000°C' ye kadar yanmadan dayanan teflon kaplı problar kullanılmıştır.

Nem ise laboratuvar koşullarında, ürün fırına girmeden önce ve girdikten sonra olmak üzere toplam iki kez ölçülmüştür. Giriş ve çıkış nem değerlerinden yola çıkılarak, kuruma sırasında ortaya çıkan nem kaybı bulunmuştur.

Çalışması sırasında fırının tükettiği elektrik enerjisinin belirlenmesi amacıyla mikrodalga fırın, dijital bir sayaca bağlanmıştır.

Mikrodalga ile kurutma denemelerinde toplam on üç adet ürün incelenmiştir. Bu ürünler piyasada satışa sunulan ve ekonomik değeri yüksek olan ürünlerden seçilmiştir ve kurutma işlemi ürünlerin piyasadaki pazarlanış biçimlerine göre yapılmıştır. Denemelerde kurutulan ürünler patlıcan (*Solanum melongena*), bostan patlıcanı (*Solanum melongena*), defne yaprağı (*Laurus spp.*), dereotu (*Anethum graveolens*), dolmalık biber (*Capsicum annum*), domates (*Lycopersicon esculentum*), havuç (*Daucus carota*), kabak (*Cucurbita pepo*), limon (*Citrus limon*), maydanoz (*Petroselinum hortense*), portakal (*Citrus sinensis*), sivri biber (*Capsicum annum*) ve yağ biberi (*Capsicum annum*)'dir.

3. 2. YÖNTEM

Ev tipi mikrodalga fırında gerçekleştirilen kurutma işlemi sırasında fırın içindeki sıcaklığın ölçülmesi amacıyla, kapak aralıklarından iki adet materyalin merkezine, iki adet materyalin kabuk kısmına ve üç adet de fırın içine olmak üzere toplam 7 adet teflon sıcaklık ölçüm probu, ayrıca iki adet teflon sıcaklık ölçüm probu da dış ortama yerleştirilmiştir. Problar yerleştirildikleri bölgelerdeki sıcaklıkları ölçüp anında bilgisayar ortamına aktarabilen bir düzeneğe bağlanmışlardır. Bilgisayardan ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamaları on saniyede bir alınmıştır.

Denemeler sırasında her bir ürün için ayrı ayrı ön denemeler gerçekleştirilmiş ve gözleme dayalı olarak, materyalde büzüşme ve yanığın oluşmadığı, renk, koku ve aroma özelliğinin kaybolmadığı en uygun mikrodalga kademeleri belirlenmiştir. Belirlenen bu mikrodalga kademeleri baz alınarak her bir ürün için ayrı ayrı deneme yöntemleri saptanmış ve uygulanmıştır.

Denemeler sırasında fırının şebekeden çektiği elektrik enerjisinin belirlenmesi amacıyla, dijital bir sayaca bağlanmıştır. Buna göre fırının çeşitli çalışma rejimlerinde şebekeden çektiği elektrik enerjisi değerleri de bulunmuştur.

3. 2. 1. Patlıcanın Mikrodalga Işınlara İle Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında patlıcanın kurutulması işleminde önce patlıcanlar enlemesine üçe bölünmüş, ardından içleri oyularak dolmalık forma getirilmiştir. Kurutma yöntemi olarak maksimum ayarda 15 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra 1000 W mikrodalga gücünde 7 dakikalık mikrodalga uygulanmıştır. Denemelerde 1000 gram patlıcan kullanılmıştır.

3. 2. 2. Bostan Patlıcanının Mikrodalga Işınlara İle Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında bostan patlıcanının kurutulması işleminde patlıcanlar enlemesine 2-3 cm kalınlığında kesilmiştir. Bostan patlıcanının kurutulmasında maksimum ayarda 20 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra sırasıyla 750 W mikrodalga gücünde 6 dakikalık ve 1000 W mikrodalga gücünde 4 dakikalık mikrodalga uygulaması yöntemi uygulanmıştır. Denemelerde 1000 gram bostan patlıcanı kullanılmıştır.

3. 2. 3. Defne Yapağının Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Defne yapağının mikrodalga fırında kurutulması sırasında defne yaprakları mikrodalga fırın tablasına yığın halinde yerleştirilmiştir. Yapraklar saplarından ayıklanmıştır. Defne yapağının kurutulması sırasında 1000 W mikrodalga gücünde 8 dakika mikrodalga yöntemi uygulanmıştır. Denemelerde 100 gram defne yapağı kullanılmıştır.

3. 2. 4. Dereotunun Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Dereotunun mikrodalga fırında kurutulması sırasında dereotları sap ve köklerinden ayıklanmış olarak mikrodalga fırın tablasına yığın halinde yerleştirilmiştir. 100 gramlık dereotunun kurutulmasında maksimum ayarda 10 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra 1000 W mikrodalga gücünde 4 dakikalık mikrodalga uygulaması yöntem olarak kullanılmıştır.

3. 2. 5. Dolma Biberin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında dolmalık biberin kurutulması sırasında dolmalık biberler sap ve çekirdeklerinden ayıklanmıştır. 1000 gram dolmalık biberin kurutulmasında 90 W mikrodalga gücünde 2 dakika, 160 W mikrodalga gücünde 2 dakika, 500 W mikrodalga gücünde 2 dakika ve 1000 W mikrodalga gücünde 4 dakika uygulaması yöntem olarak benimsenmiştir.

3. 2. 6. Domatesin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Domatesin mikrodalga fırında kurutulması sırasında domatesler boylamasına ikiye bölünmüştür. 1000 gramın esas alındığı kurutma denemelerinde maksimum ayarda 30 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra sırasıyla 90 W mikrodalga gücünde 6 dakika, 350 W mikrodalga gücünde 10 dakika, 500 W mikrodalga gücünde 5 dakika, 650 W mikrodalga gücünde 5 dakika ve 1000 W mikrodalga gücünde 2 dakika kurutma yöntemi kullanılmıştır.

3. 2. 7. Havucun Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında havucun kurutulması sırasında havuçlar boylamasına ½ cm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenen 1000 gram ağırlığındaki havuçlar maksimum ayarda 8 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra 1000 W mikrodalga gücünde 3 dakikalık mikrodalga uygulamasıyla kurutulmuşlardır.

3. 2. 8. Kabağın Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında kabak kurutulması sırasında kabaklar enlemesine 3-5 mm. kalınlığında dilimlenmiştir. 1000 gram ağırlığındaki dilimlenmiş havuçlar mikrodalga fırına yerleştirildikten sonra maksimum ayarda 20 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra, 1000 W mikrodalga kademesinde 4 dakikalık mikrodalga uygulamasıyla kurutulmuştur.

3. 2. 9. Limonun Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Limonun mikrodalga fırında kurutulması sırasında limonlar enlemesine 5-10 mm. kalınlığında dilimlenmiştir. 1000 gram ağırlığındaki dilimlenmiş limonlar maksimum ayarda 15 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra, sırasıyla 350 W mikrodalga gücünde 8 dakikalık ve 1000 W mikrodalga gücünde 3 dakikalık mikrodalga uygulamasıyla kurutulmuştur.

3. 2. 10. Maydanozun Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında maydanozun kurutulması sırasında 100 gram ağırlığındaki maydanozlar sap ve köklerinden ayıklanarak tablaya yığın halinde yerleştirilmiştir. Maydanozların kurutulmasında maksimum ayarda 8 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra 1000 W mikrodalga gücünde 4 dakikalık mikrodalga uygulaması yöntem olarak kullanılmıştır.

3. 2. 11. Portakalın Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Portakalın mikrodalga fırında kurutulması sırasında 1000 gram ağırlığındaki portakallar enlemesine 5-10 mm. kalınlığında dilimlenmiştir. Kurutma yöntemi olarak maksimum ayarda 15 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra, sırasıyla 350 W mikrodalga gücünde 8 dakikalık ve 1000 W mikrodalga gücünde 3 dakikalık mikrodalga uygulaması benimsenmiştir.

3. 2. 12. Sivri Biberin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında sivri biberin kurutulması sırasında 1000 gram ağırlığındaki sivri biberler mikrodalga uygulamasında iç patlama olması ihtimaline karşı birkaç yerinden delinmiştir. Biberlerin kurutulmasında maksimum ayarda 4 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra 500 W mikrodalga kademesinde 4 dakikalık mikrodalga yöntemi kullanılmıştır.

3. 2. 13. Yağ Biberinin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

3. 2. 13. 1. İnce-ince Dilimlenmiş Yağ Biberinin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Yağ biberinin mikrodalga fırında kurutulması sırasında 1000 gram ağırlığındaki yağ biberleri hem enlemesine hem de boylamasına ince-ince dilimlenmiştir. Kurutma yöntemi olarak maksimum ayarda 6 dakikalık fanlı fırın uygulamasından sonra sırasıyla 500 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık, 750 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık ve 1000 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık mikrodalga uygulaması benimsenmiştir.

3. 2. 13. 2. Boylamasına İkiye Bölünmüş Yağ Biberinin Mikrodalga Işınlar ile Kurutma Yöntemi

Mikrodalga fırında yağ biberinin kurutulması sırasında 1000 gram ağırlığındaki yağ biberleri boylamasına ikiye bölünmüştür. Kurutma yöntemi olarak 160 W mikrodalga kademesinde 6 dakikalık, 350 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık ve 1000 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık mikrodalga uygulaması gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Mikrodalga fırında kurutma amacıyla on üç ürün denenmiştir. Bu ürünler patlıcan, bostan patlıcanı, defne yaprağı, dereotu, dolmalık biber, domates, havuç, kabak limon, maydanoz, portakal, sivri biber ve yağ biberidir. Yağ biberi, ince-ince kıyılmak ve ikiye bölünmek suretiyle iki şekilde denenmiştir.

4.1. PATLICANIN ARAŞTIRMA BULGULARI

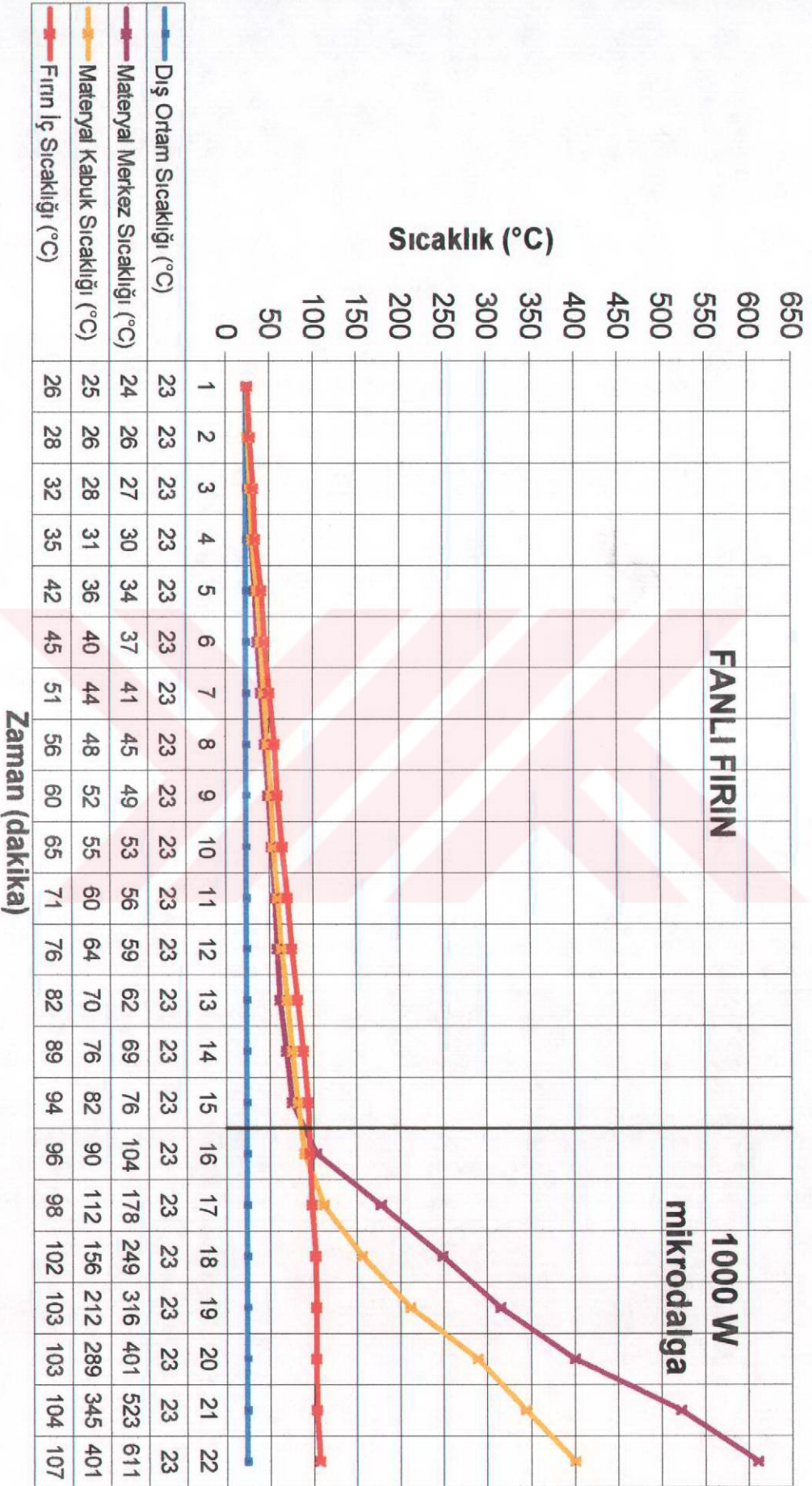
Patlıcanın kurutulması sırasında, maksimum ayarında 15 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma ve 7 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 22 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Deneme sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 1'de dolmalık formdaki patlıcanın sıcaklık-zaman eğrileri verilmiştir. Şekil 2'de dolmalık formdaki patlıcanın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde normal fırın uygulamasında materyal merkez sıcaklığının 24°C' den başlayarak kademeli olarak arttığı ve 15. dakikanın sonunda sıcaklığın 76°C' ye yükseldiği görülmektedir. Mikrodalga fırın uygulamasına geçildiğinde ise materyal merkez sıcaklığı 16. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 22. dakikanın sonunda 611°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 25°C' den başlayıp 15. dakikanın sonunda 82°C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasına geçişten sonra ise kabuk sıcaklığı 401°C' ye kadar artmıştır.

Fanlı fırın uygulamasında zamana bağlı olarak birbirine özdeş sıcaklık eğrisi çizen materyal merkez ve kabuk sıcaklığı eğrileri, mikrodalga uygulamasından sonra belirgin bir farklılık göstermiştir. Bu da mikrodalga uygulamasında materyalin merkezden kabuğa doğru ısındığının bir göstergesidir. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiştir. 15. dakikanın sonunda sıcaklık 26°C' den 94°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, materyal merkez ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 22. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 107°C' ye kadar artabilmiştir. Kurutma başlangıcında %85,58 nem değerine sahip olan patlıcanlar, 22 dakikalık kurutma periyodu sonunda %10,23 nem değerine düşürülmüştür. 7 dakika süren mikrodalga uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık

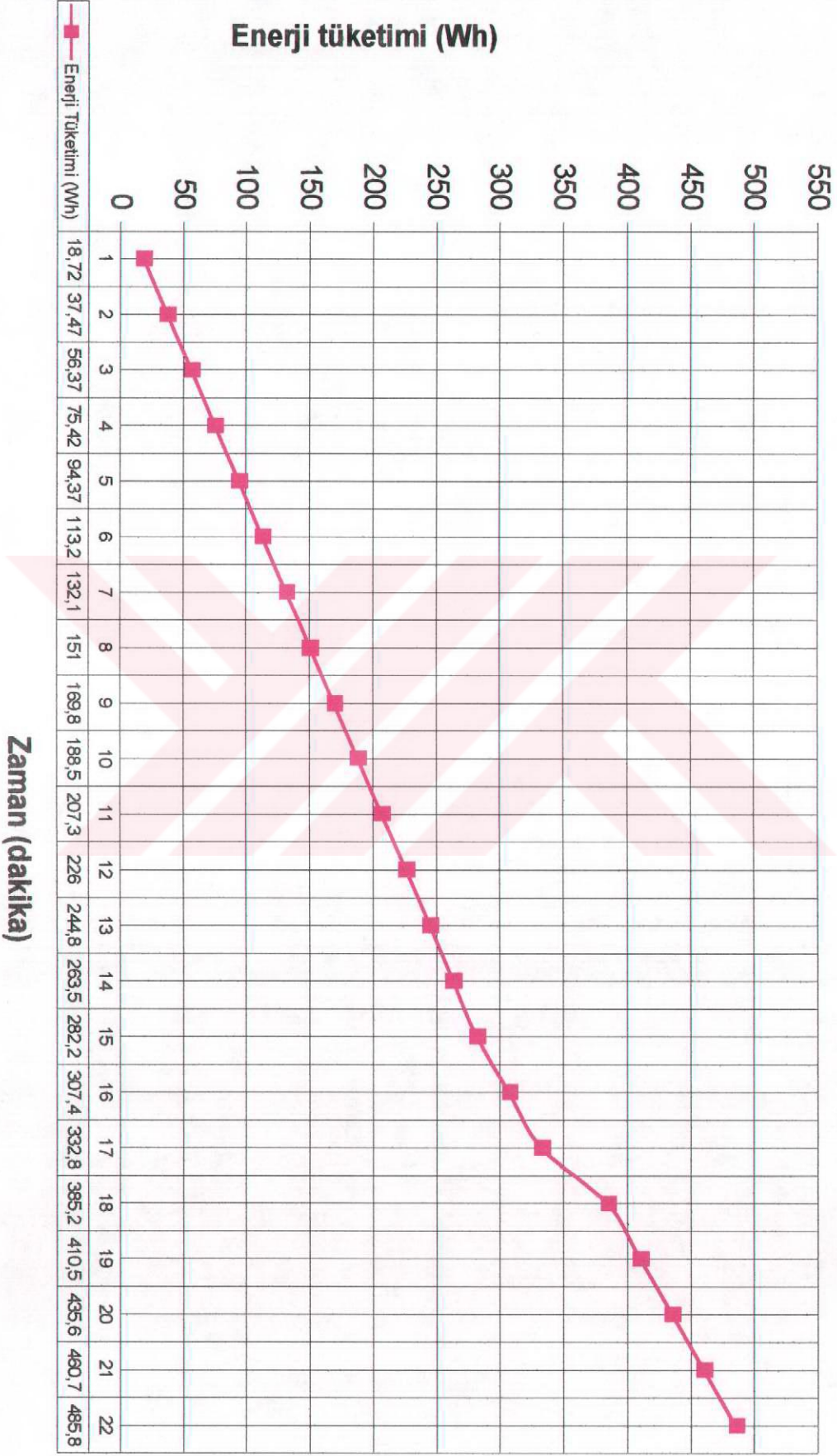
artışı olduğu saptanmıştır. Maksimum ayardaki mikrodalga uygulaması normal fırın uygulamasından daha fazla miktarda enerji tükettiğinden, normal fırın uygulamasının ardından fanlı fırın uygulamasına geçildiğinde şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarında bir artış gözlemlenmiştir.

4.2. BOSTAN PATLICANININ ARAŞTIRMA BULGULARI

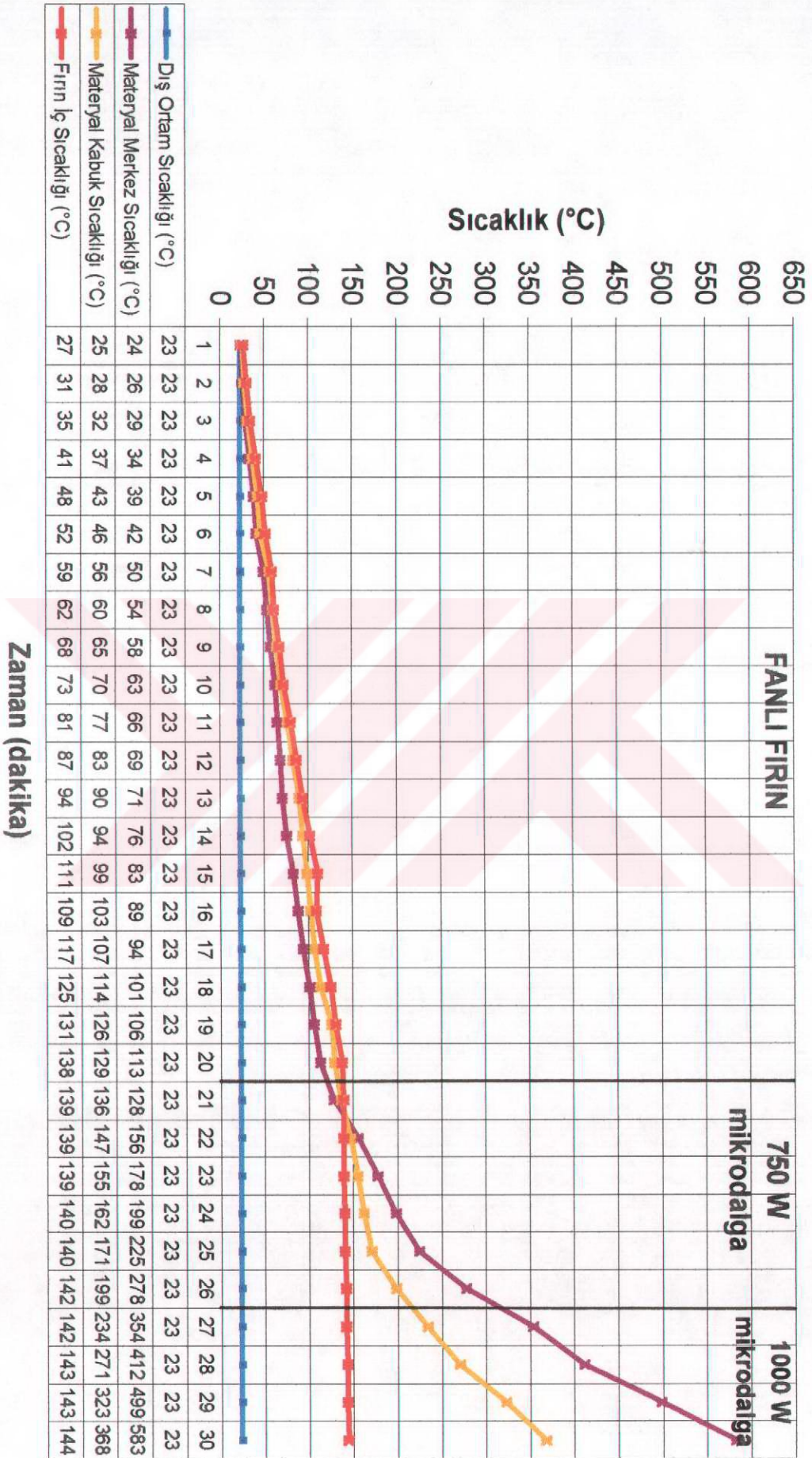
Bostan patlıcanının kurutulması sırasında, maksimum ayarda 20 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma, 6 dakikalık 750 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutma ve 4 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 30 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Şekil 3'de bostan patlıcanının sıcaklık-zaman eğrileri, Şekil 4'de ise bostan patlıcanının kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde normal fırın uygulamasında materyal merkez sıcaklığının 24°C' den başlayarak kademeli olarak arttığı ve 20. dakikanın sonunda sıcaklığın 113°C' ye yükseldiği görülmektedir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal merkez sıcaklığı 21. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 30. dakikanın sonunda 583°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 25°C' den başlayıp 20. dakikanın sonunda 129 °C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasında ise kabuk sıcaklığı 368°C' ye kadar artmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiş ve 20. dakikanın sonunda sıcaklık 27°C' den 138°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, materyal merkez ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 22. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 144°C' ye kadar artabilmiştir. 10 dakika süren iki kademeli mikrodalga uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Kurutma denemeleri sonunda %84,44 nem değerine sahip olan bostan patlıcanının nem değeri 30 dakika sonunda %8,42 değerine düşürülmüştür.



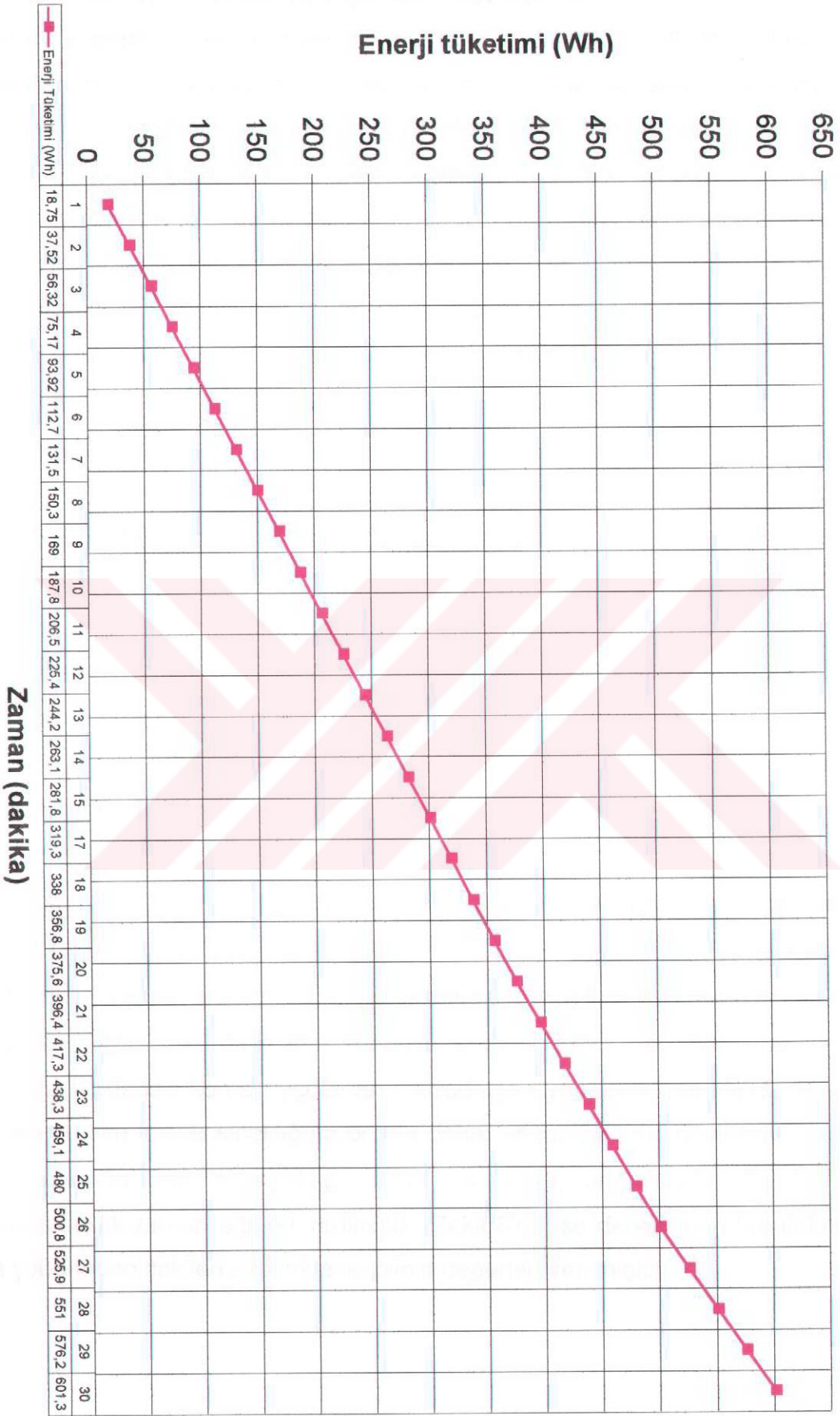
Şekil 1. Dolmalık formdaki patlicanın %85,58 nemden %10,23 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 2. Mikrodalga fırınla patlıcanın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarı

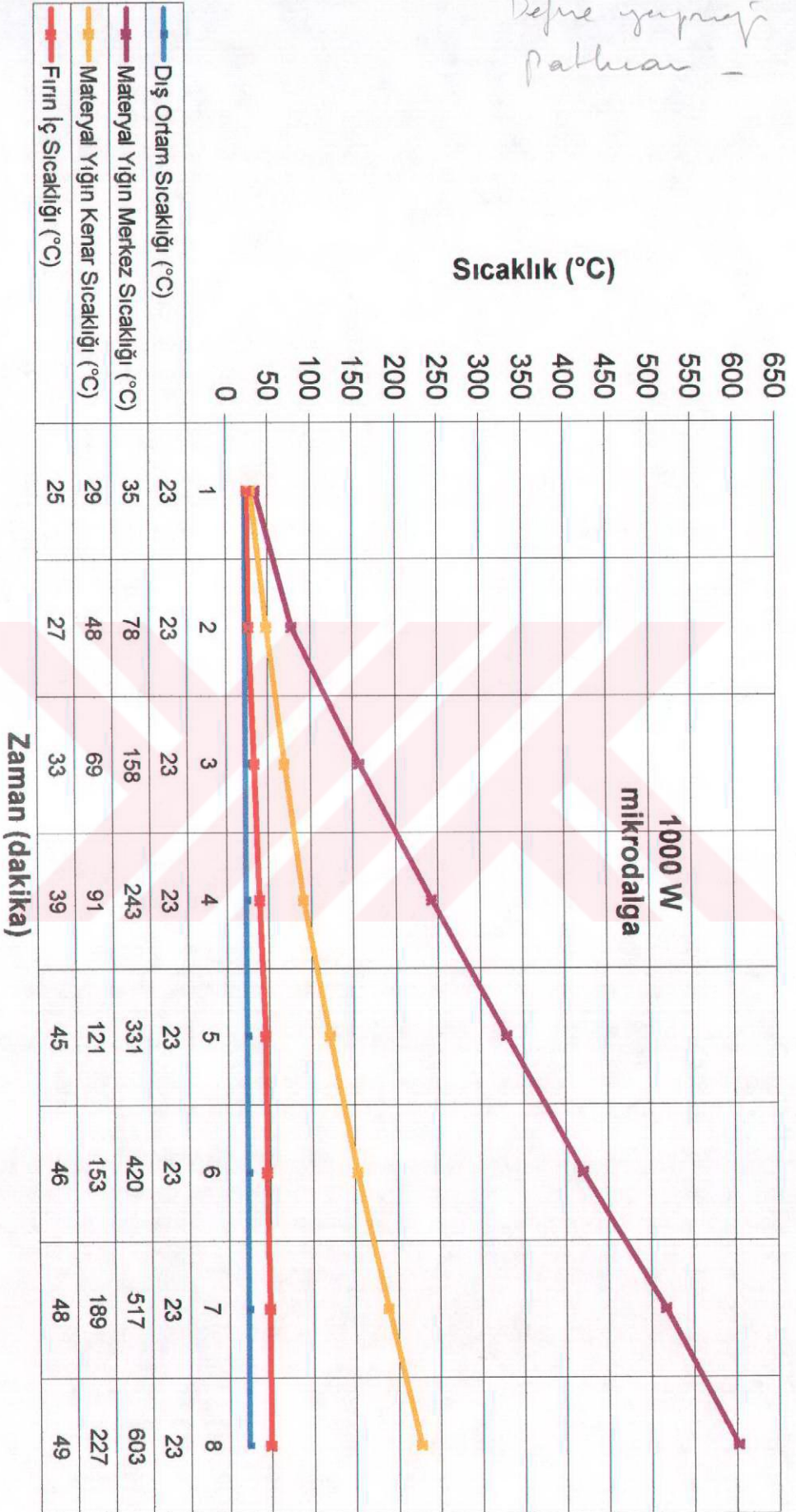


Şekil 3. Bostan patlıcanının %84,44 nemden %8,42 neme düşürülmesindeki sıcaklık-zaman eğrileri

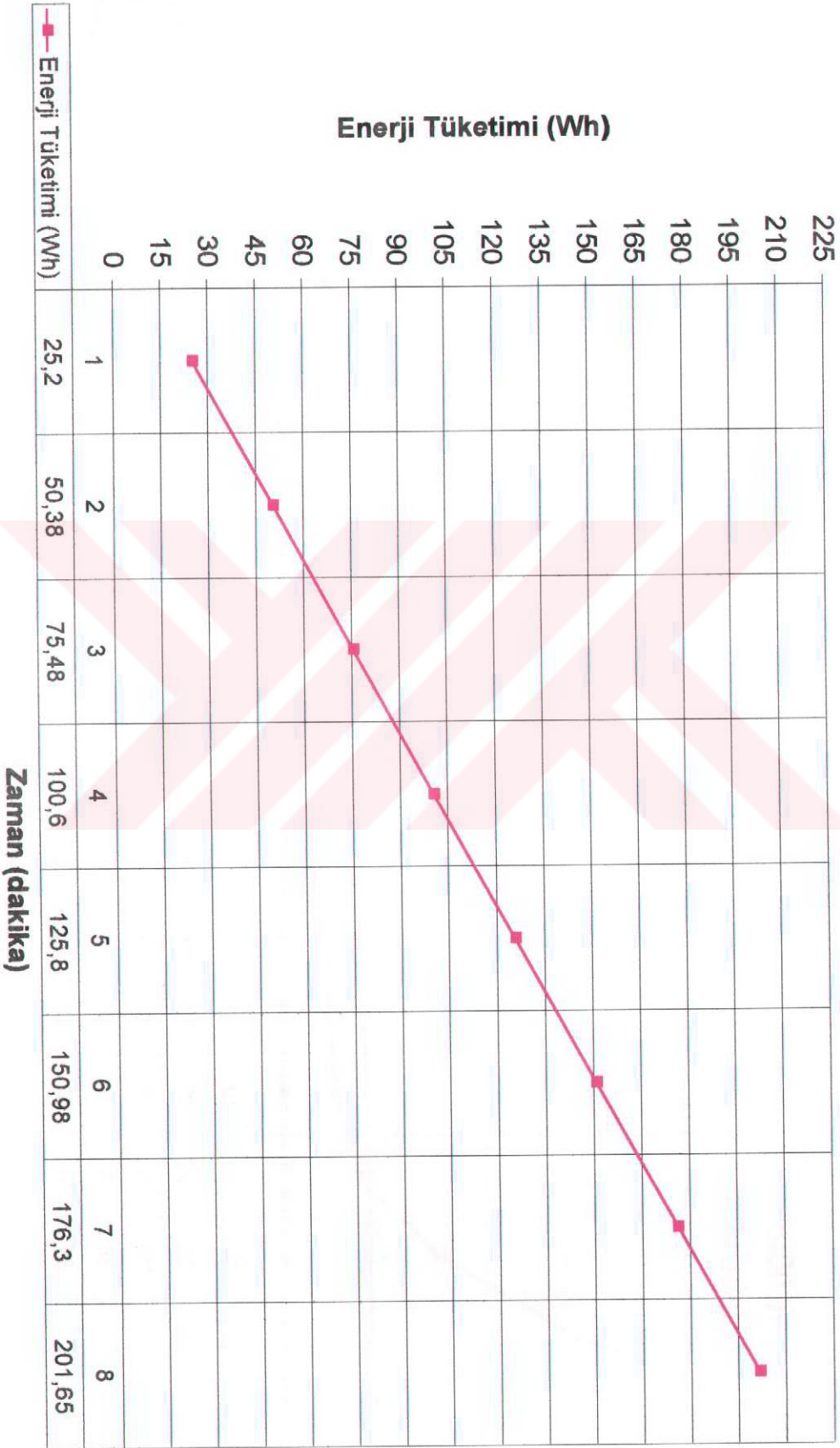


Şekil 4. Mikrodalga fırında bostan patlıcanının kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi

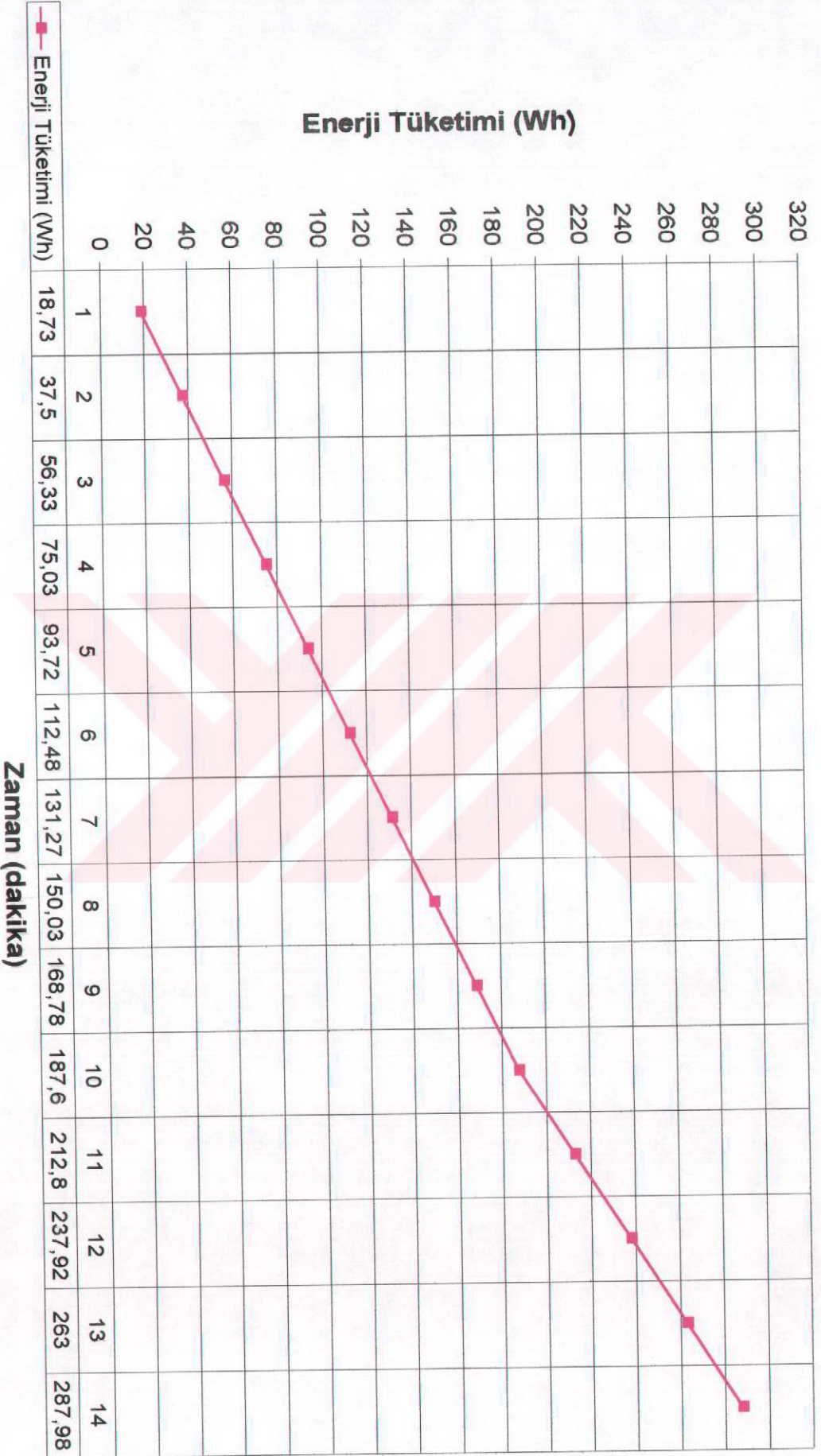
Defne yaprağı ile
patlıcan -



Şekil 5. Defne yaprağının %79,80 nemden %9,76 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 6. Defne yaprağının kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi



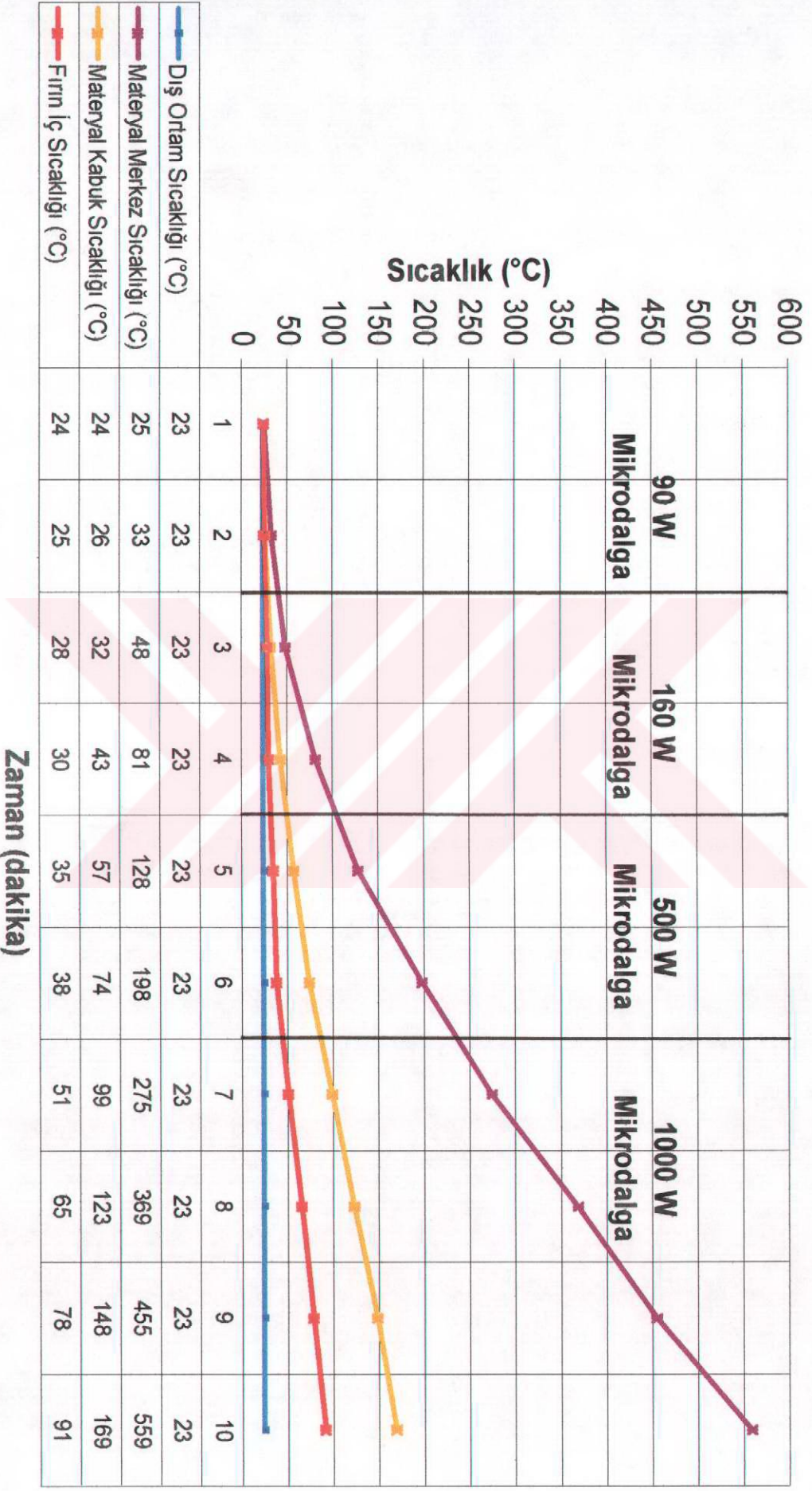
Şekil 8. Dereceunun kurulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarı

4. 5. DOLMA BİBERİNİN ARAŞTIRMA BULGULARI

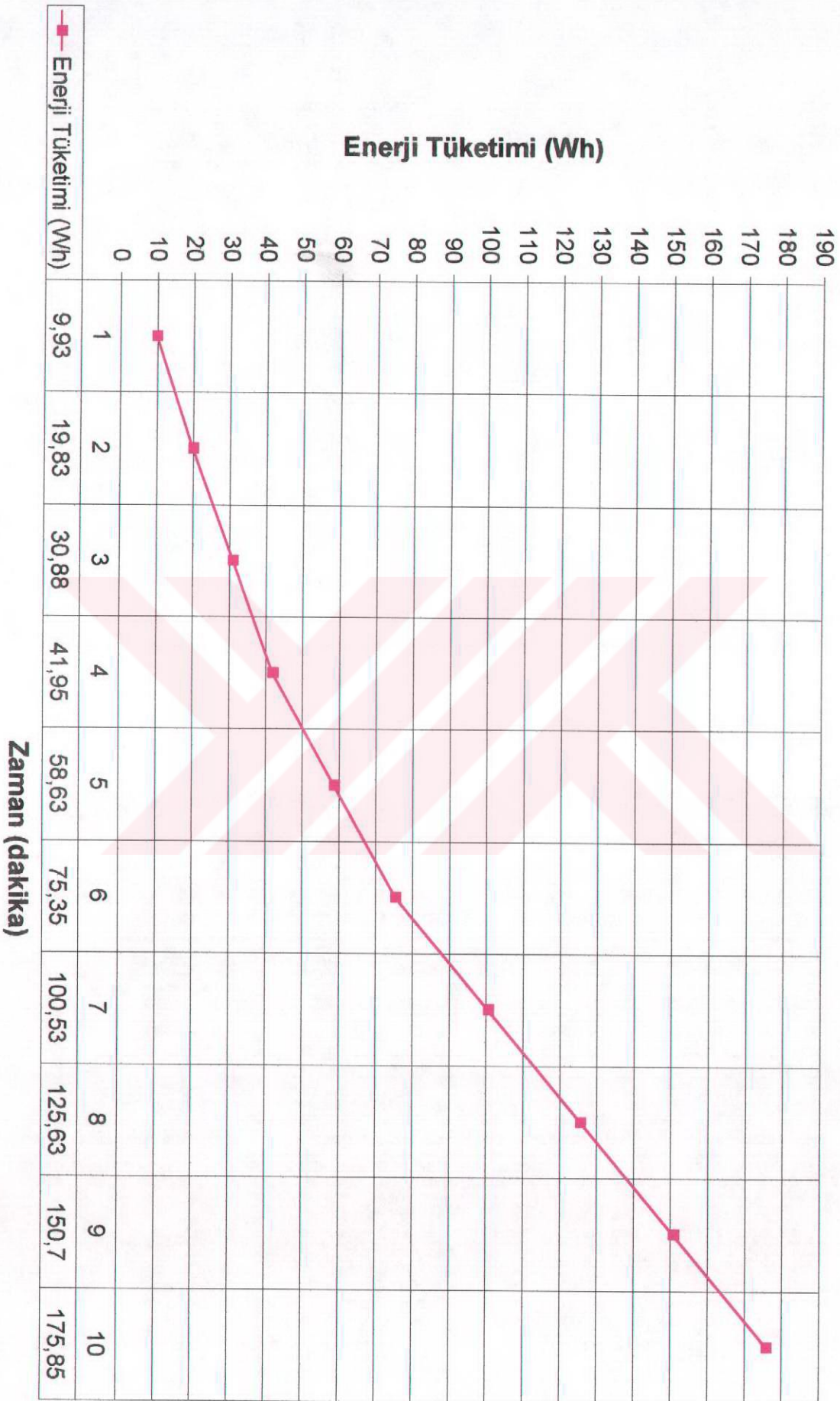
%87,24 nem değerine sahip dolma biberin kurutulması sırasında, 90 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık, 160 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık, 500 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık ve 1000 W mikrodalga kademesinde 4 dakikalık mikrodalga kurutmada oluşan, toplam 10 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Denemelerde materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 25°C iken 10. dakikanın sonunda 559°C olarak kaydedilmiştir. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise 1. dakikada 24°C iken 10. dakikanın sonunda 169°C' ye ulaşmıştır. Dış ortam sıcaklığı 10 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fırın iç sıcaklığında ise çok fazla bir artış kaydedilememiştir. 1. dakikada 24°C olarak belirlenen fırın iç sıcaklığı 10. dakikanın sonunda 91°C' ye kadar ulaşmıştır. Şekil 9'da dolma biberin sıcaklık-zaman eğrileri, Şekil 10'da ise dolma biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.

4. 6. DOMATESİN ARAŞTIRMA BULGULARI

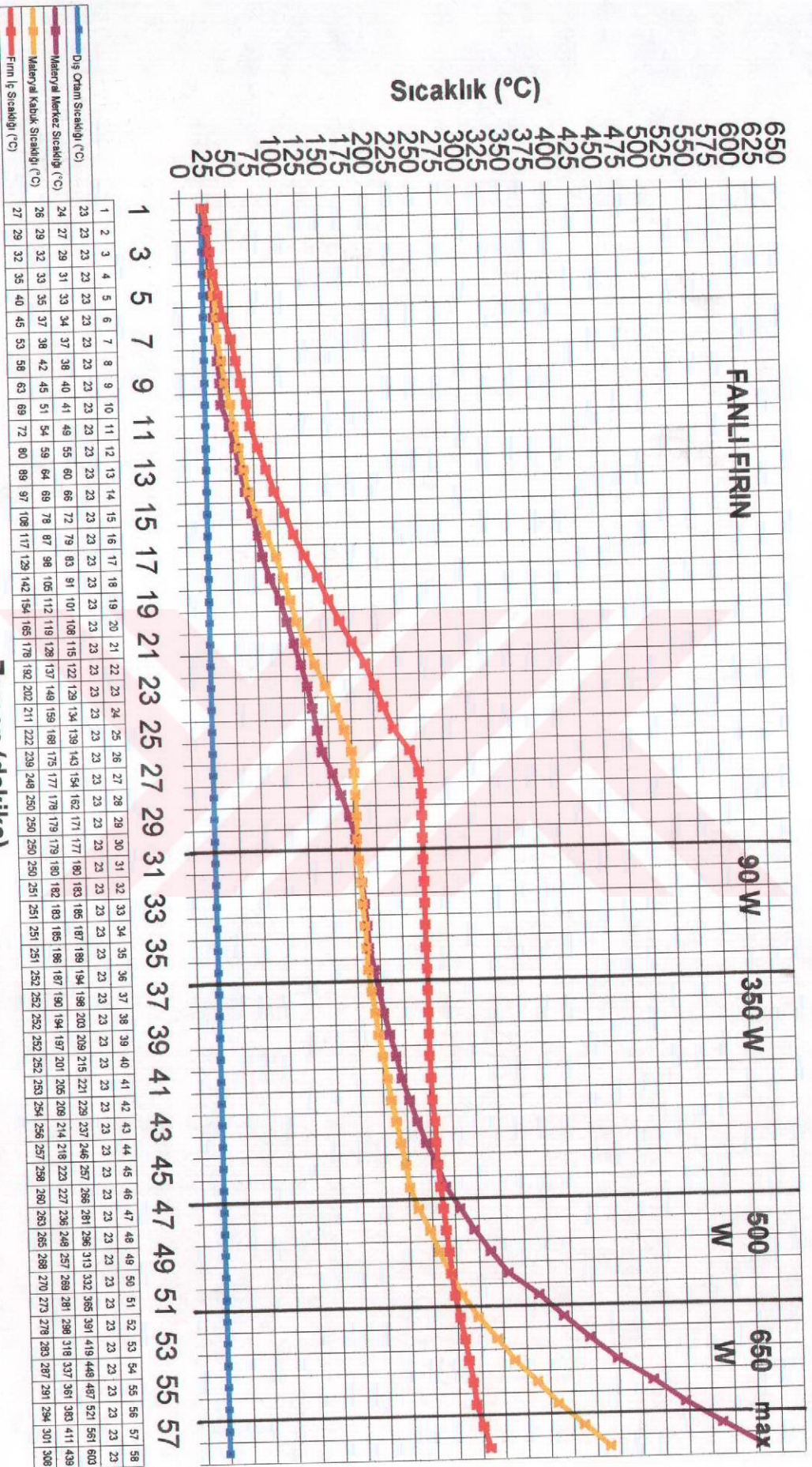
%92,04 nem değerine sahip domatesin kurutulması sırasında maksimum ayarda 30 dakika fanlı fırın uygulamasından sonra sırasıyla, 90 W mikrodalga kademesinde 6 dakikalık, 350 W mikrodalga kademesinde 10 dakikalık, 500 W mikrodalga kademesinde 5 dakikalık, 650 W mikrodalga kademesinde 5 dakikalık ve 1000 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık mikrodalga kurutmada oluşan, toplam 58 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Bir fanlı fırın ve beş mikrodalga fırın kademesinde gerçekleştirilen mikrodalga kurutma denemelerinin sonucunda, fanlı fırınla kurutmanın yapıldığı ilk aşamada materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 24°C iken 30. dakikanın sonunda 177°C' ye yükselmiştir. Mikrodalga ile kurutmanın yapıldığı toplam beş kademedeki oluşan ikinci kurutma aşaması kurutma periyodunun 31.dakikasından başlayıp 58.dakikasına kadar sürmüştür. Mikrodalga kurutmanın ilk başlangıcı olan 31. dakikada sıcaklık 180°C iken 58. dakikanın sonunda sıcaklık 603°C olarak kaydedilmiştir. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise 1. dakikada 26°C iken 30. dakikanın sonunda 179°C' ye ulaşmış, 58. dakikanın sonunda ise 439°C' ye kadar artmıştır. Fanlı fırınla kurutmanın yapıldığı toplam 30 dakika süren ilk aşamada fırın iç sıcaklığında 250°C' ye kadar bir artış kaydedilmiştir. Bu aşama fanlı fırının maksimum kademesinde gerçekleştirilmiştir. 28.dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı fanlı fırının maksimum kademesi olan 250°C' ye ulaştığı için



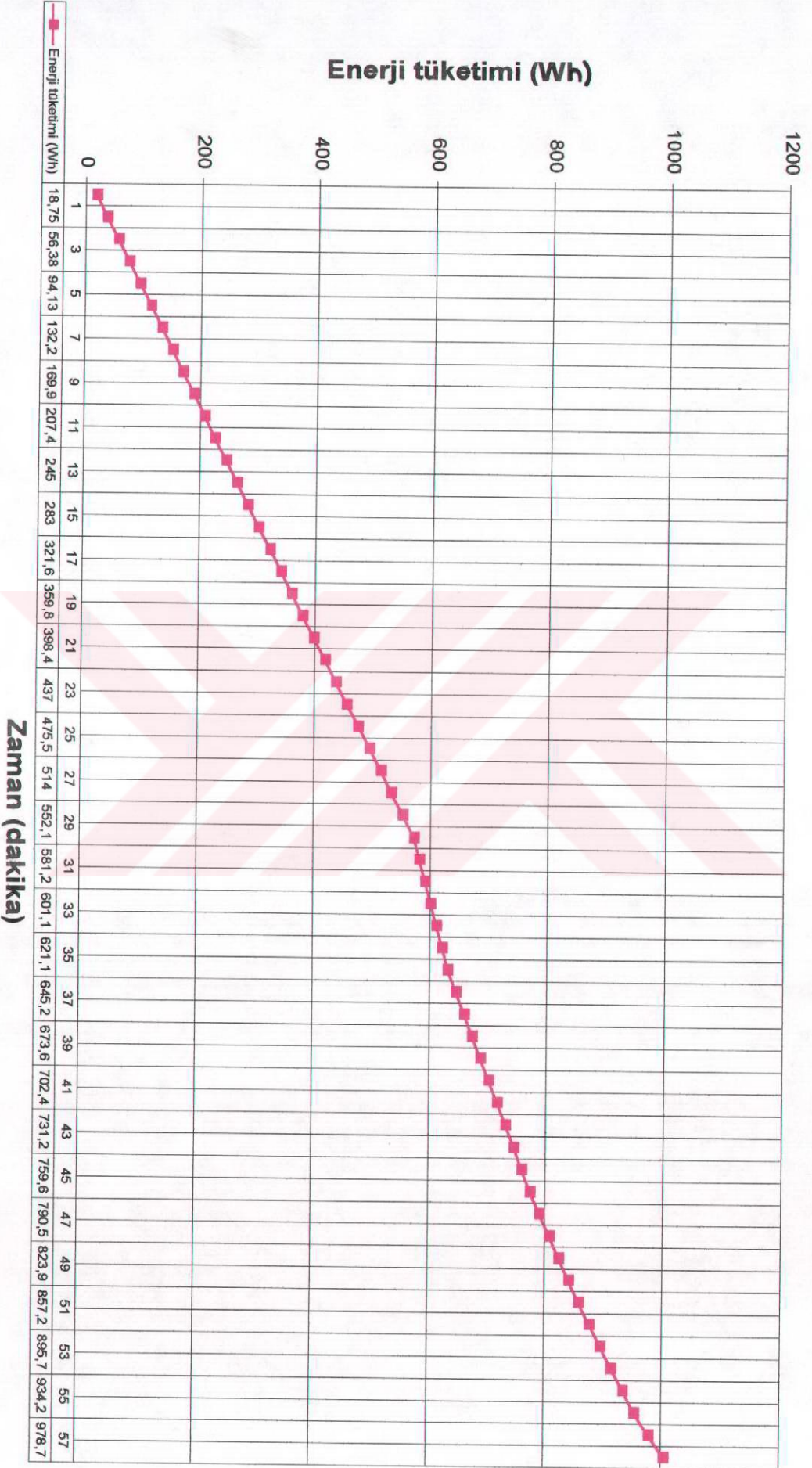
Şekil 9. Dolma biberin %87,24 nemden %9,78 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



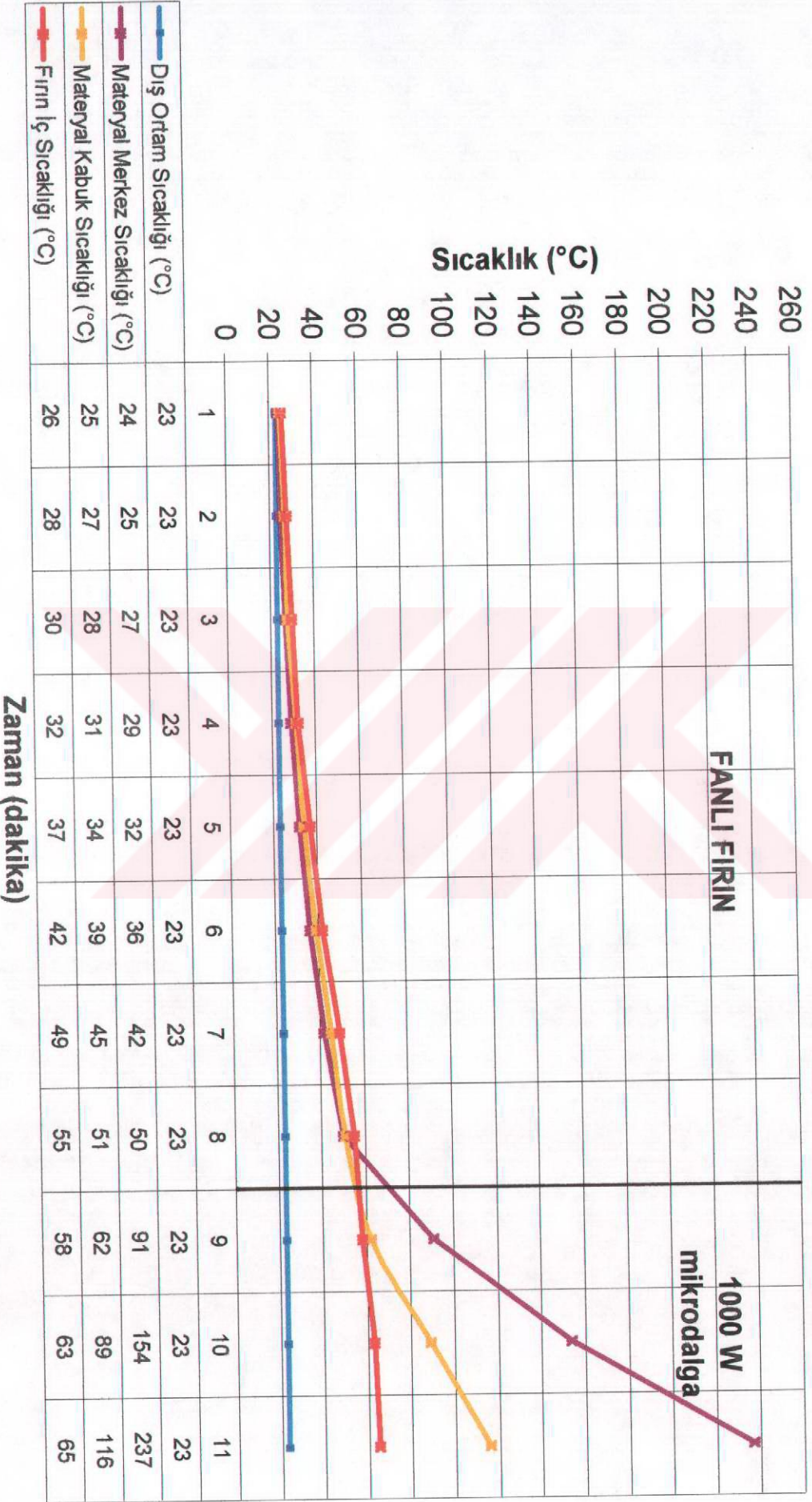
Şekil 10. Dolma biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi



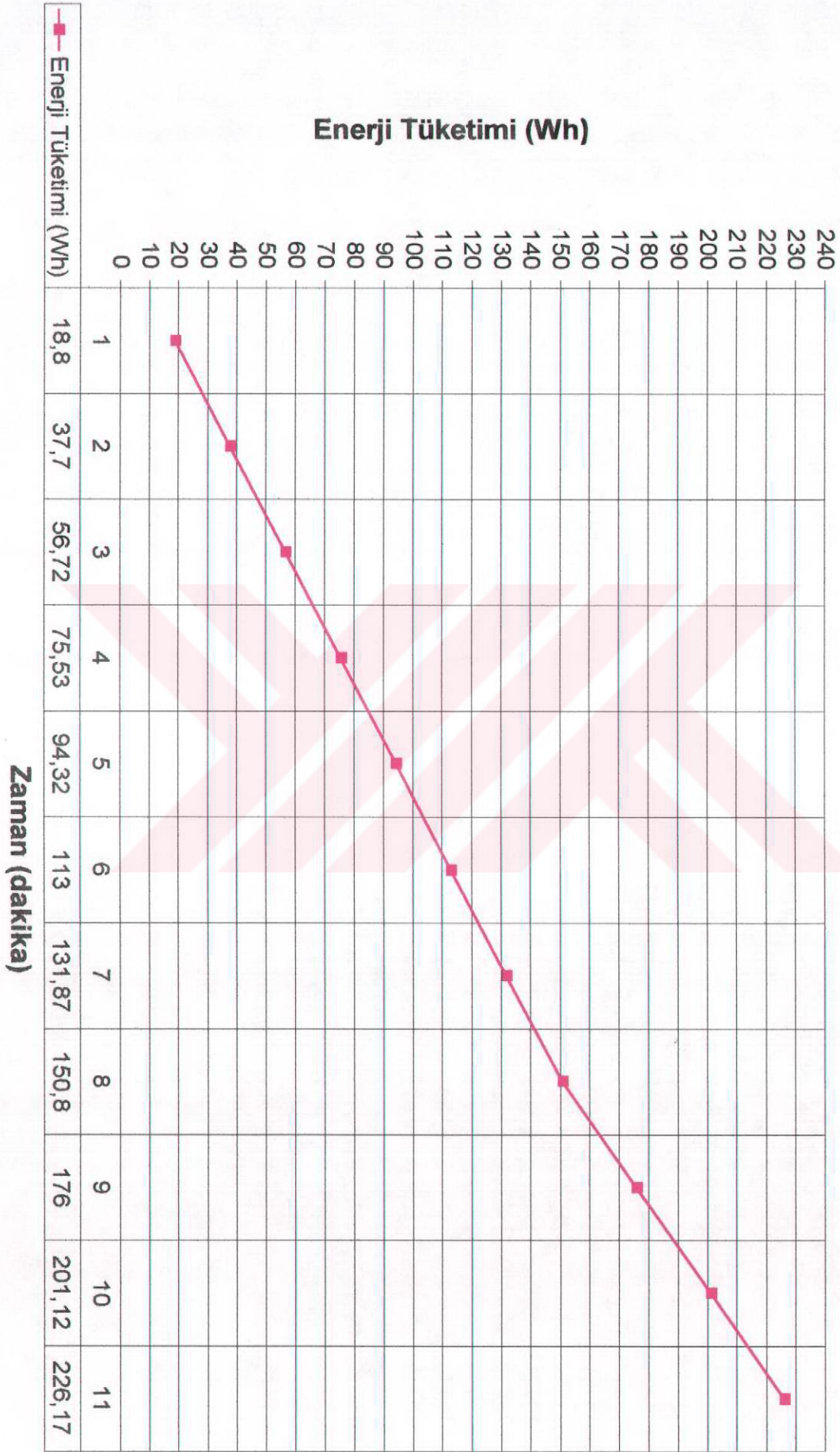
Şekil 11. Domatesin %92,04 nemden %12,36 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 12. Domatesin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi



Şekil 13. Havucun %81, 14 nemden %8,99 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 14. Havucun kurululması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi

4. 8. KABAĞIN ARAŞTIRMA BULGULARI

%92,80 başlangıç nemine sahip olan kabağın kurutulması sırasında, maksimum ayarda 20 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma ve 4 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 24 dakikalık kurutma periyodu kullanılmış ve deneme sonuçları Şekil 15 ve Şekil 16'da verilmiştir. Şekil 15 incelendiğinde fanlı fırın uygulamasında materyal merkez sıcaklığının 25°C' den başlayarak kademeli olarak arttığı ve 20. dakikanın sonunda sıcaklığın 109°C' ye yükseldiği görülmektedir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal merkez sıcaklığı 21. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 24. dakikanın sonunda 437°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise fanlı fırın uygulamasında 26°C' den başlayıp 20. dakikanın sonunda 116°C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasında ise kabuk sıcaklığı 324°C' ye kadar artmıştır. Dış ortam sıcaklığı 24 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Normal fırın uygulamasında fırın iç sıcaklığı ise 20. dakikanın sonunda 27°C' den 142°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, materyal merkez ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 24. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 149°C' ye kadar artabilmiştir.

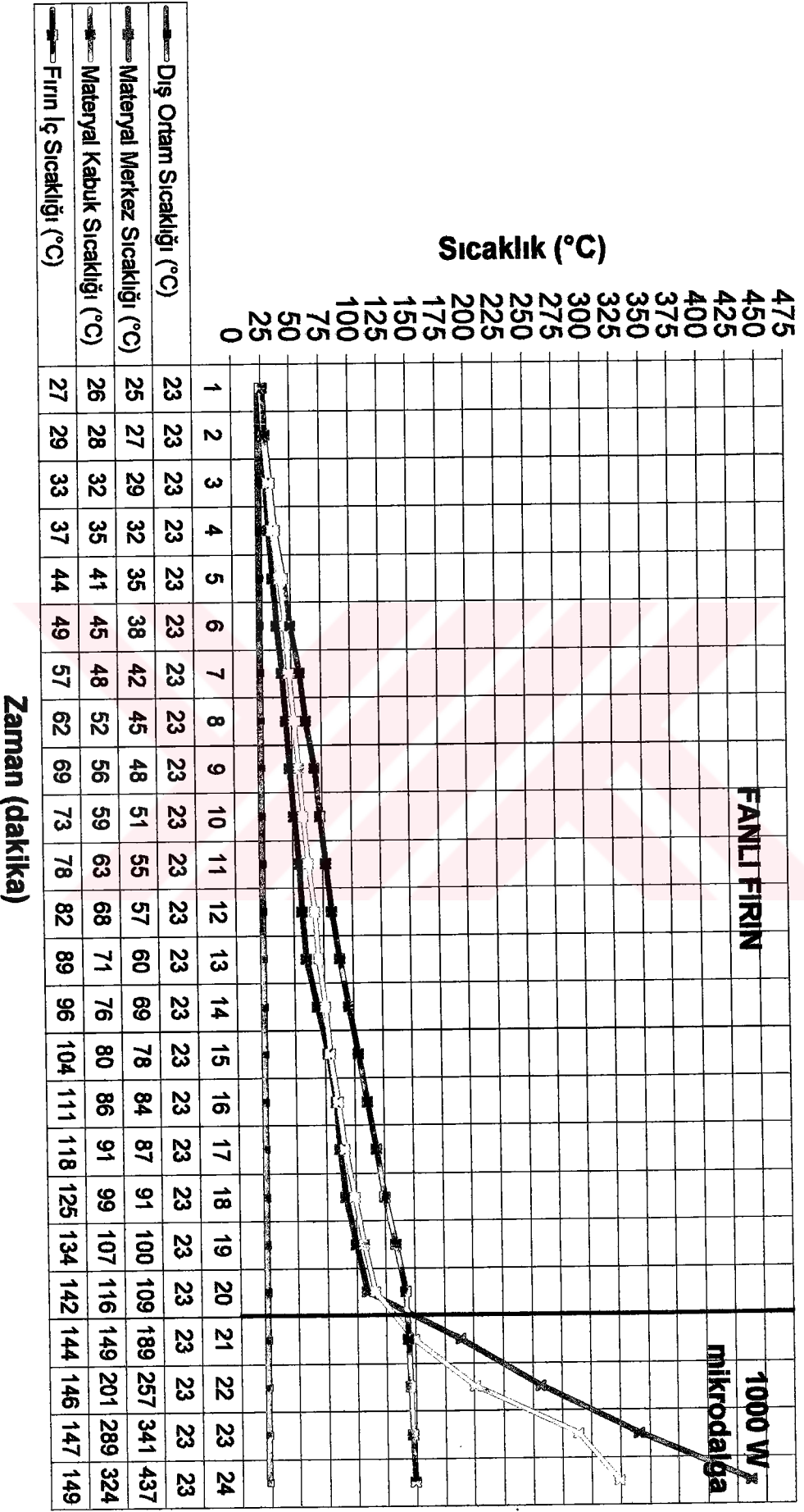
4. 9. LİMONUN ARAŞTIRMA BULGULARI

Limonun kurutulması sırasında, maksimum ayarda 15 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma, 8 dakikalık 350 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutma ve 3 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 26 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Normal fırın uygulamasında materyal merkez sıcaklığı 24°C' den başlayarak kademeli olarak artmış ve 15. dakikanın sonunda sıcaklık 77°C' ye yükselmiştir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal merkez sıcaklığı 16. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 26. dakikanın sonunda 427°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 26°C' den başlayıp 15. dakikanın sonunda 88°C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasında ise kabuk sıcaklığı 224°C' ye kadar artmıştır. Dış ortam sıcaklığı 30 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiştir. 15. dakikanın sonunda sıcaklık 29°C' den 113°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı,

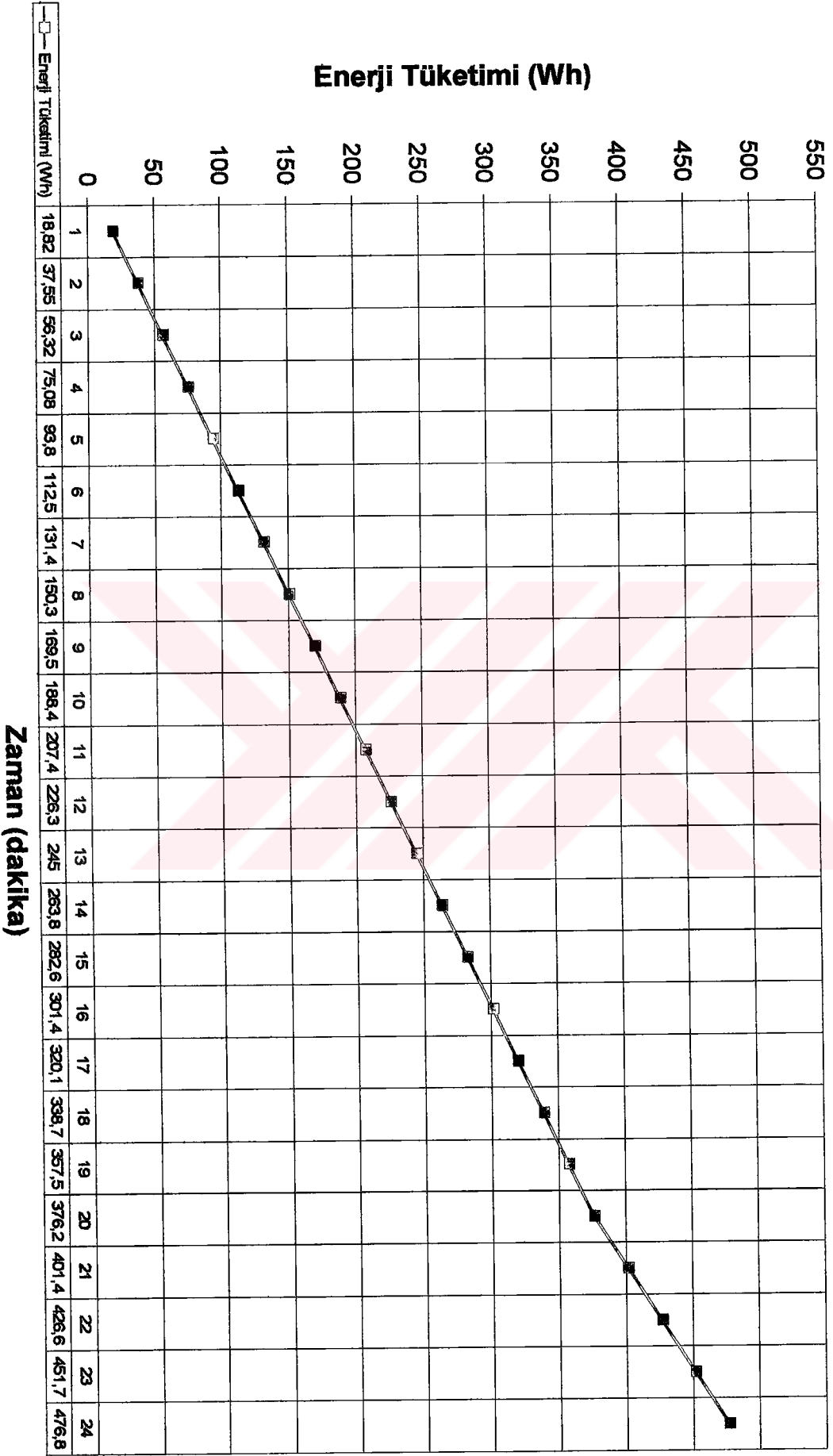
materyal merkez ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 26. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 151°C' ye kadar artabilmiştir. 11 dakika süren iki kademeli mikrodalga uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Şekil 17'de limonun sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 18'de ise limonun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.

4. 10. MAYDANOZUN ARAŞTIRMA BULGULARI

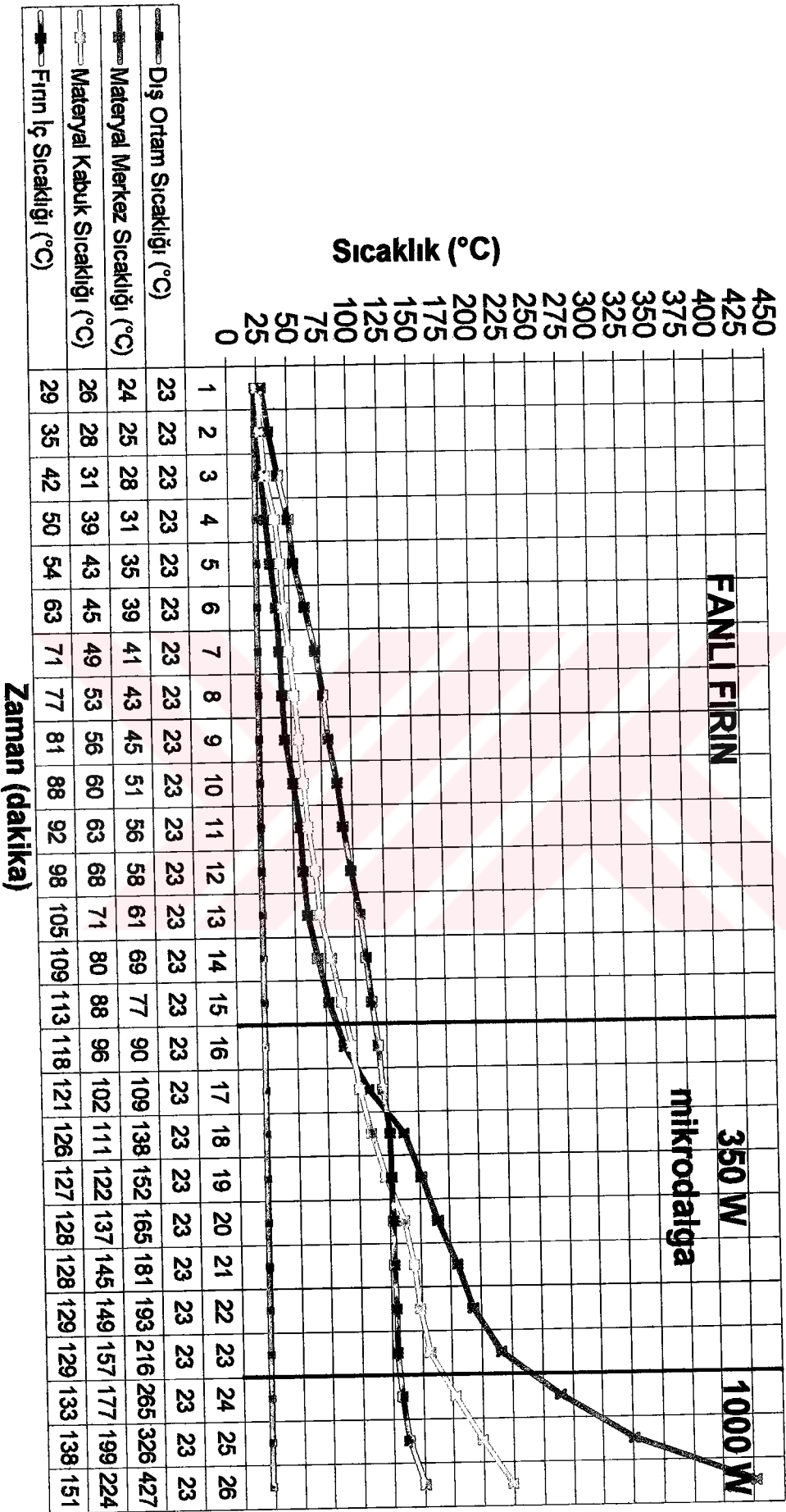
%83,57 başlangıç nemine sahip olan maydanozun kurutulması sırasında, maksimum ayarda 8 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma ve 4 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 12 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Normal fırın uygulamasında materyal yığın merkez sıcaklığı 24°C' den başlayarak kademeli olarak artmış ve 8. dakikanın sonunda sıcaklık 50°C'ye yükselmiştir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal yığın merkez sıcaklığı 9. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 12. dakikanın sonunda 330°C' ye kadar çıkmıştır. Yığın kenar sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 25°C' den başlayıp 8. dakikanın sonunda 59°C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasında ise yığın kenar sıcaklığı 149°C' ye kadar artmıştır. Dış ortam sıcaklığı 12 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiş ve 8. dakikanın sonunda sıcaklık 27°C' den 69°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, yığın merkez ve yığın kenar sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 12. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 75°C' ye kadar artabilmiş ve 4 dakika süren mikrodalga uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Şekil 19'da maydanozun sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 20'de ise maydanozun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.



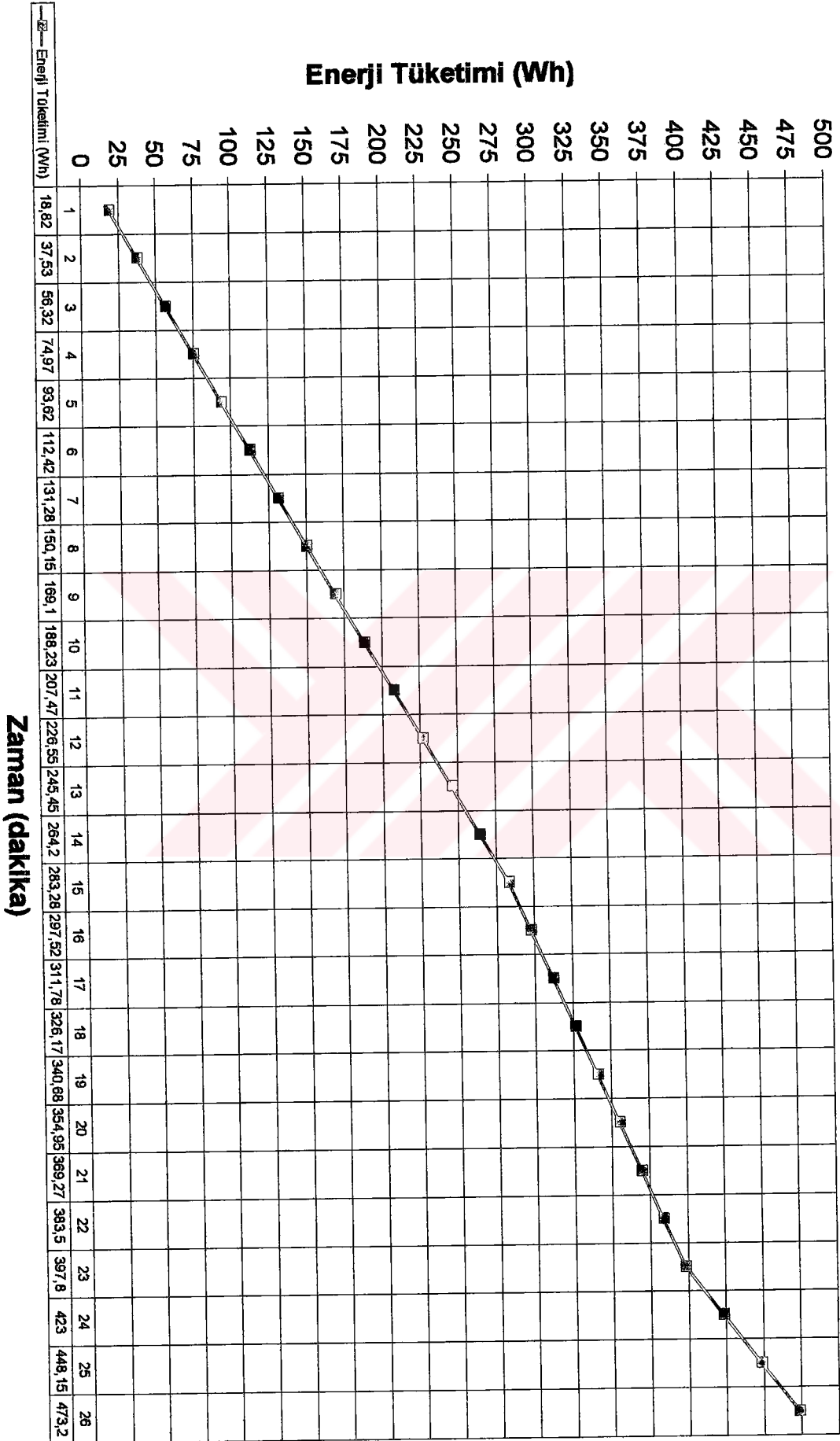
Şekil 15. Kabağın %92,80 nemden %9,80 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



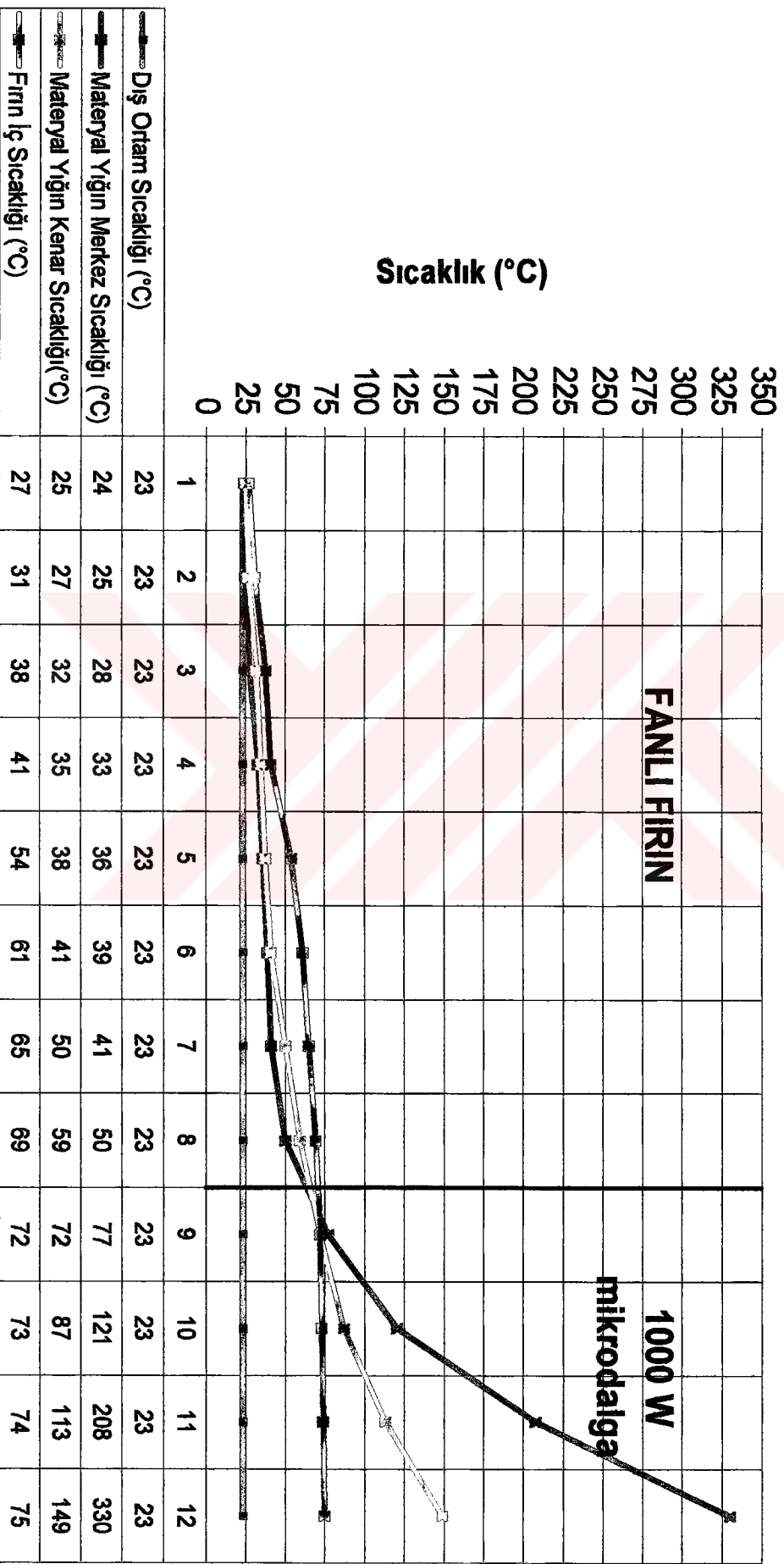
Şekil 16. Kabağın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi



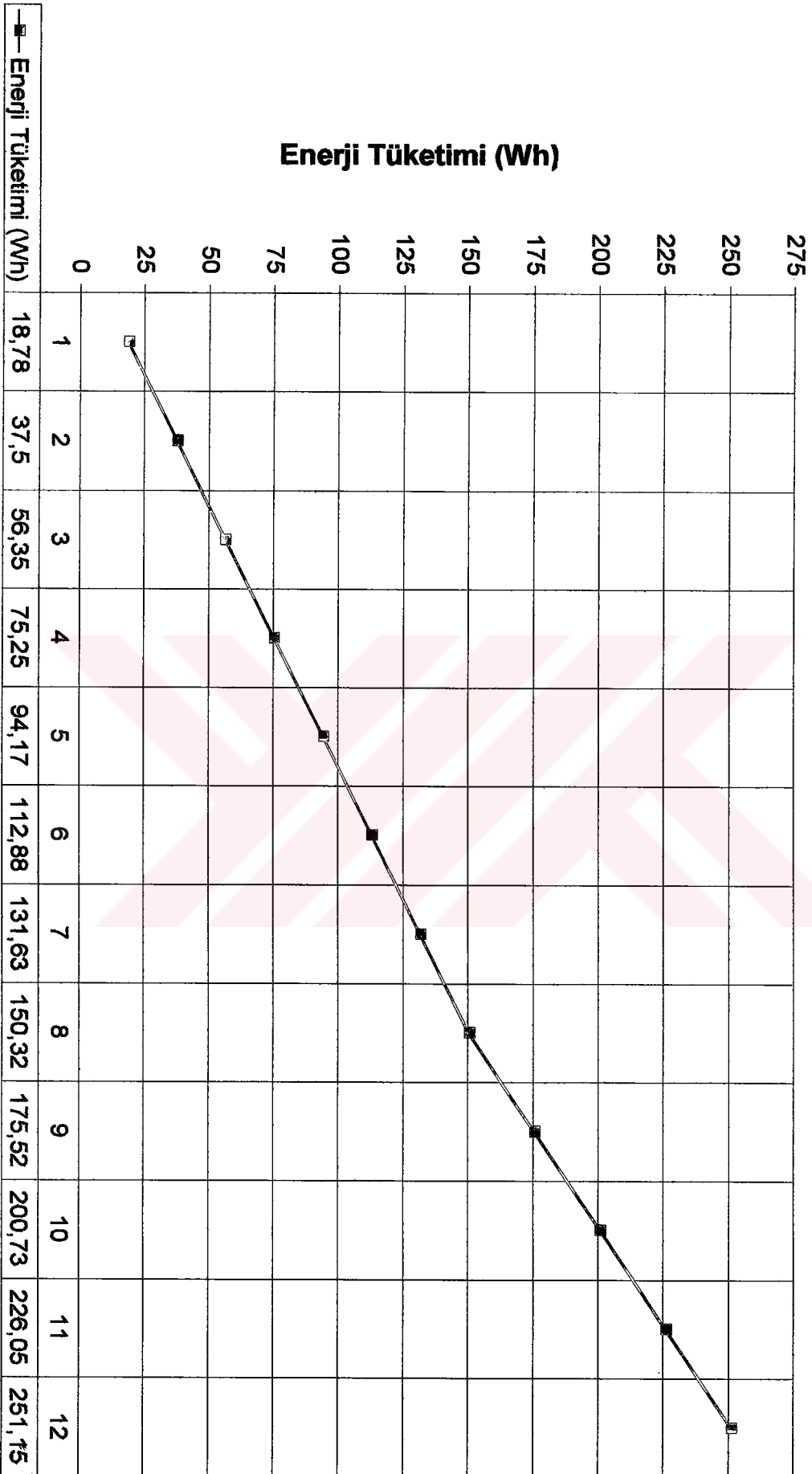
Şekil 17. Limonun %80,83 nemden %12,0 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 18. Limonun kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi tüketimi



Şekil 19. Maydanozun %83,57 nemden %8,82 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 20. Maydanozun kurulumu sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi miktarı

4. 11. PORTAKALIN ARAŞTIRMA BULGULARI

Portakalın kurutulması sırasında, maksimum ayarda 15 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma, 8 dakikalık 350 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutma ve 3 dakikalık 1000 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 26 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Normal fırın uygulamasında merkez sıcaklığı 24°C' den başlayarak kademeli olarak artmış ve 15. dakikanın sonunda sıcaklık 78°C' ye yükselmiştir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal merkez sıcaklığı 16. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 26. dakikanın sonunda 421°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 26°C' den başlayıp 15. dakikanın sonunda 89°C' ye kadar artış göstermiştir. Mikrodalga uygulamasında ise kabuk sıcaklığı 216°C' ye kadar artmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiştir. 15. dakikanın sonunda sıcaklık 29°C' den 114°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, materyal göbek ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 26. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 155°C' ye kadar artabilmiştir. 11 dakika süren iki kademeli mikrodalga uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Şekil 21'de portakalın sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 22'de ise portakalın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.

4. 12. SIVRİ BİBERİN ARAŞTIRMA BULGULARI

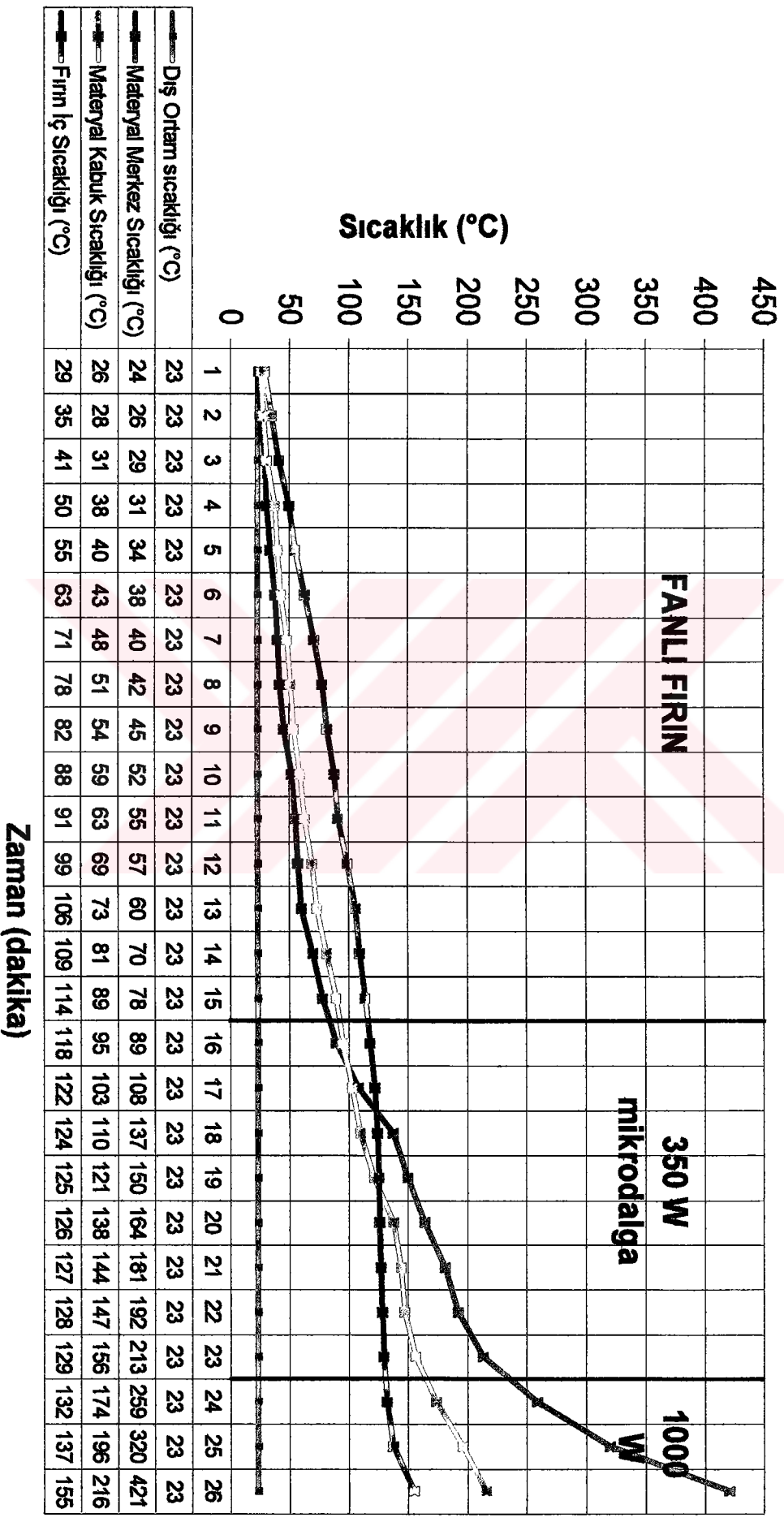
Sivri biberin kurutulması sırasında, maksimum ayarda 4 dakikalık fanlı fırında sıcak havayla kurutma ve 4 dakikalık 500 W mikrodalga kademesinde mikrodalga kurutmadan oluşan, toplam 8 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Deneme sonuçları, Şekil 23'de sivri biberin sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 24'de ise sivri biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri olarak verilmiştir. Normal fırın uygulamasında materyal merkez sıcaklığının 25°C' den başlayarak kademeli olarak arttığı ve 4. dakikanın sonunda sıcaklığın 44°C' ye yükseldiği görülmektedir. Mikrodalga fırın uygulamasında ise materyal merkez sıcaklığı 5. dakikadan başlayarak ani bir artış göstermiş ve 8. dakikanın sonunda 149°C' ye kadar çıkmıştır. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise normal fırın uygulamasında 26°C' den başlayıp 4. dakikanın sonunda 47 °C' ye kadar artış göstermiştir.

Mikrodalga uygulamasında ise kabuk sıcaklığı 68°C' ye kadar artmıştır. Dış ortam sıcaklığı 8 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise normal fırın uygulamasında hızlı bir artış göstermiş ve 4. dakikanın sonunda sıcaklık 27°C' den 50°C' ye kadar ulaşmıştır. Bu noktadan sonra uygulanan mikrodalga uygulaması sırasında fırın iç sıcaklığı, materyal göbek ve kabuk sıcaklığına oranla daha yavaş bir artış göstermiş ve 8. dakikanın sonunda fırın iç sıcaklığı 53°C' ye kadar artabilmektedir.

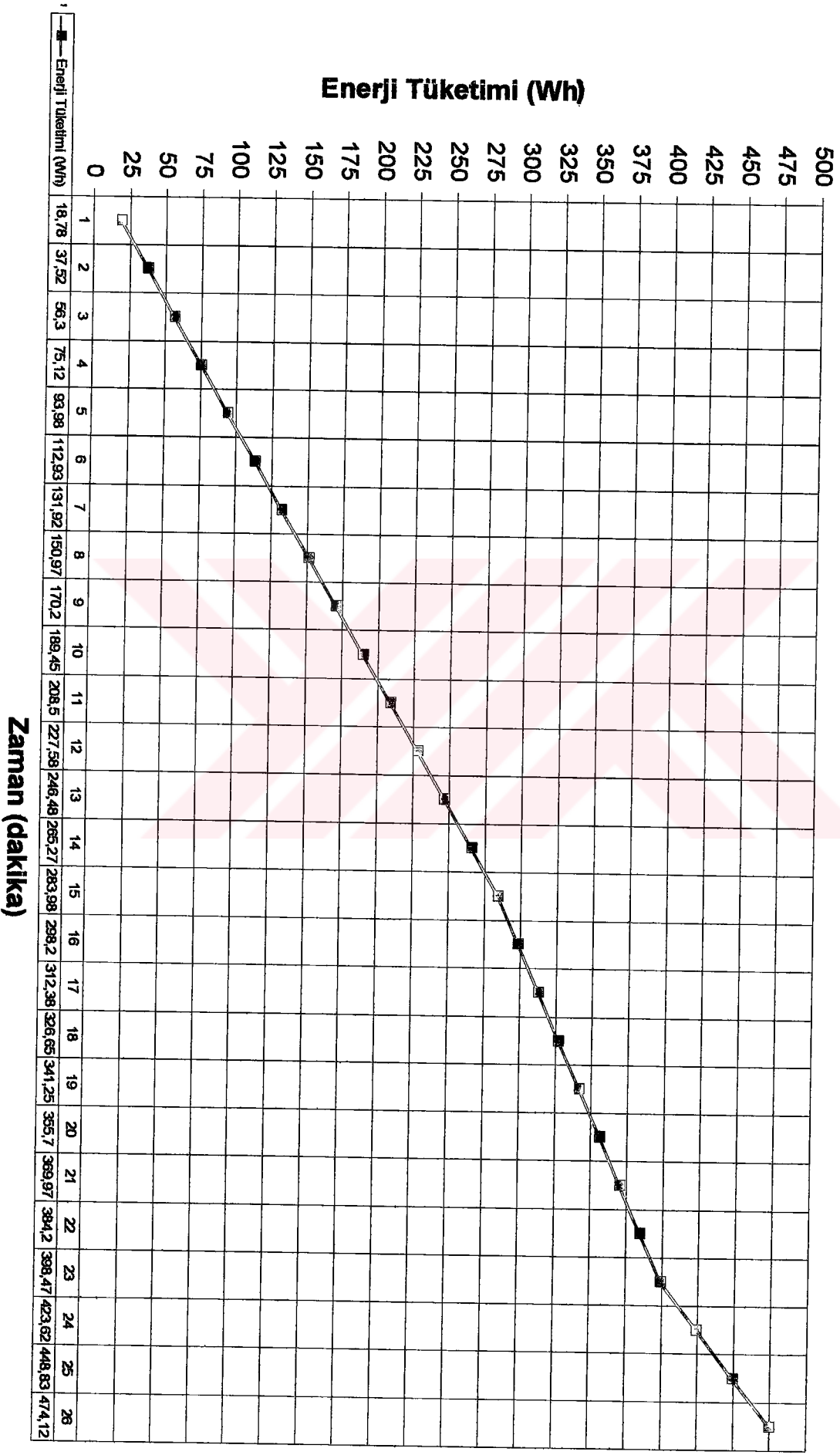
4. 13. YAĞ BİBERİNİN ARAŞTIRMA BULGULARI

4. 13. 1. İnce-ince Dilimlenmiş Yağ Biberinin Araştırma Bulguları

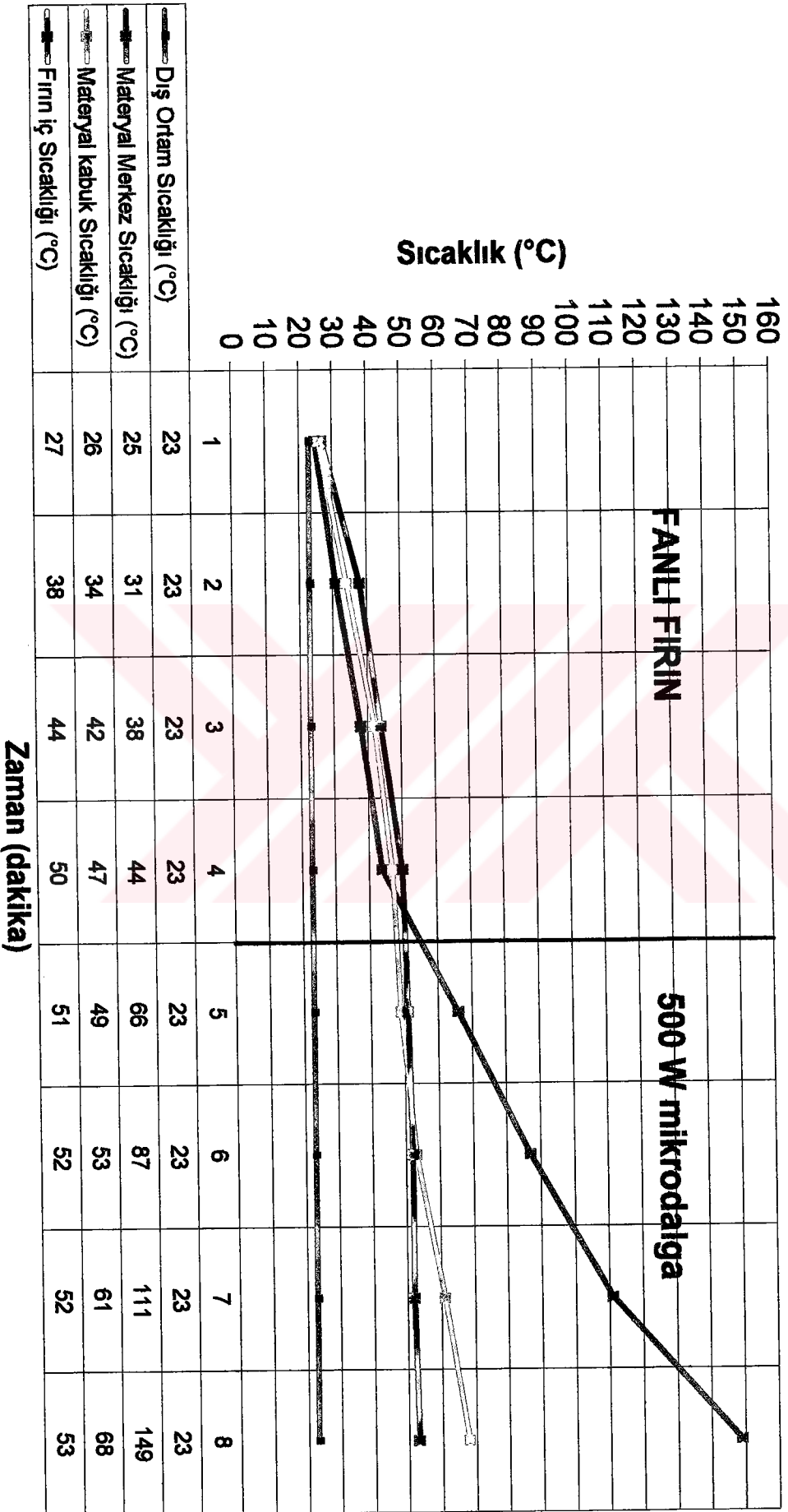
Dilimlenmiş yağ biberinin kurutulması sırasında maksimum ayarda 6 dakika fanlı fırın uygulamasından sonra sırasıyla, 500 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık, 750 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık ve 1000 W mikrodalga kademesinde 2 dakikalık mikrodalga kurutmada oluşan, toplam 14 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Bir fanlı fırın ve üç mikrodalga fırın kademesinde gerçekleştirilen mikrodalga kurutma denemesinde, fanlı fırınla kurutmanın yapıldığı ilk aşamada materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 25°C iken 6. dakikanın sonunda 56°C' ye yükselmiştir. Mikrodalga ile kurutmanın yapıldığı toplam üç kademedeki oluşan ikinci kurutma aşaması kurutma periyodunun 7.dakikasından başlayıp 14.dakikasına kadar sürmüştür. Mikrodalga kurutmanın ilk başlangıcı olan 7. dakikada materyal merkez sıcaklığı 69°C iken 14. dakikanın sonunda sıcaklık 202°C olarak kaydedilmiştir. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise 1. dakikada 26°C iken 6. dakikanın sonunda 60°C' ye ulaşmış, 14. dakikanın sonunda ise 145°C' ye kadar artmıştır. Dış ortam sıcaklığı 14 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fanlı fırınla kurutmanın yapıldığı toplam 6 dakika süren ilk aşamada fırın iç sıcaklığı 27°C' den 63°C' ye kadar ulaşmıştır. Mikrodalga fırınla kurutmanın yapıldığı ikinci aşamada fırın iç sıcaklığında çok fazla bir artış kaydedilememiş ve 7. dakikada 64°C olarak belirlenen fırın iç sıcaklığı 14. dakikanın sonunda 82°C' ye kadar ulaşmıştır. Şekil 25'de dilimlenmiş yağ biberinin sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 26'da ise dilimlenmiş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.



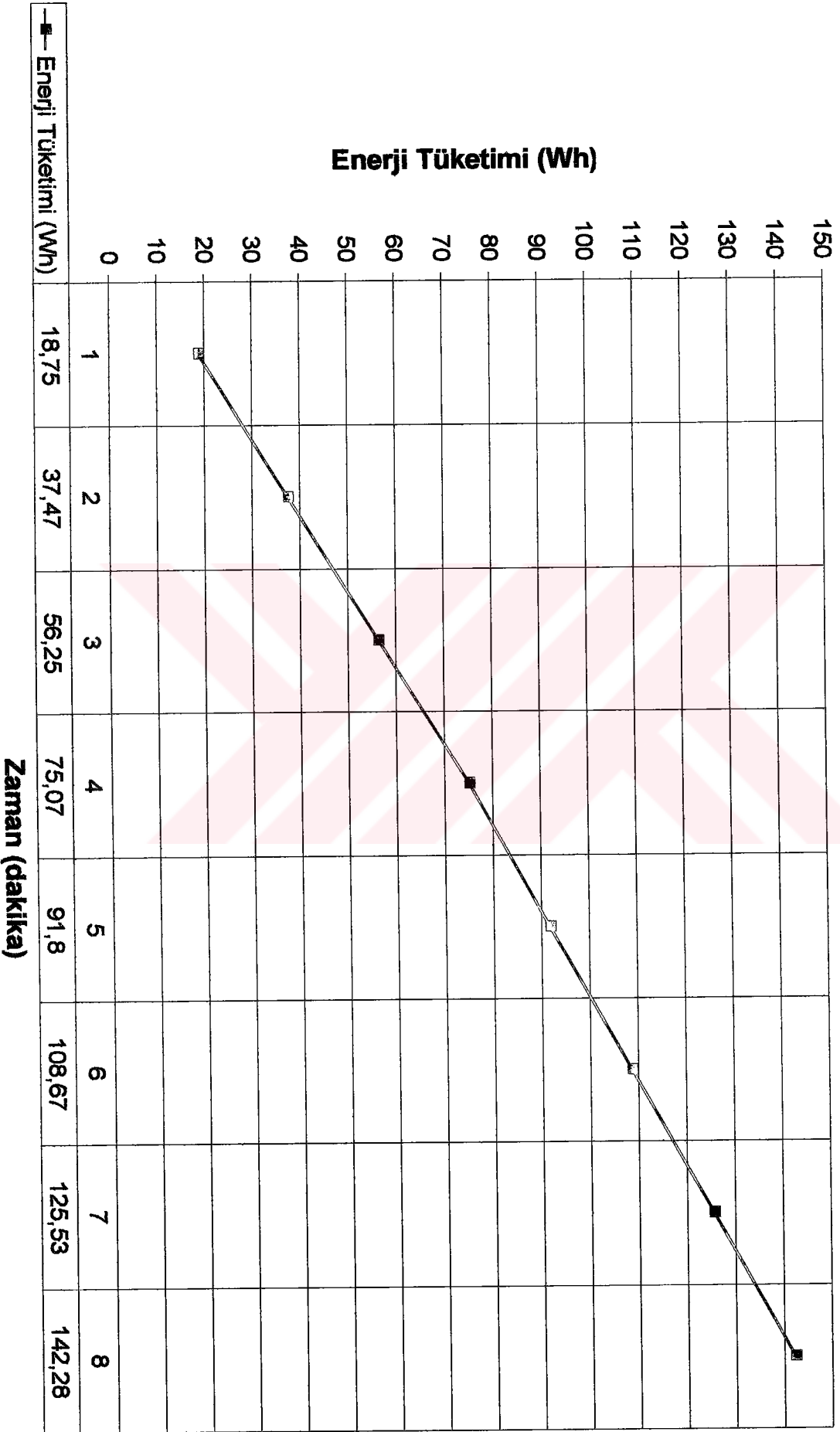
Şekil 21. Portakalın %78,05 nemden %11,11 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



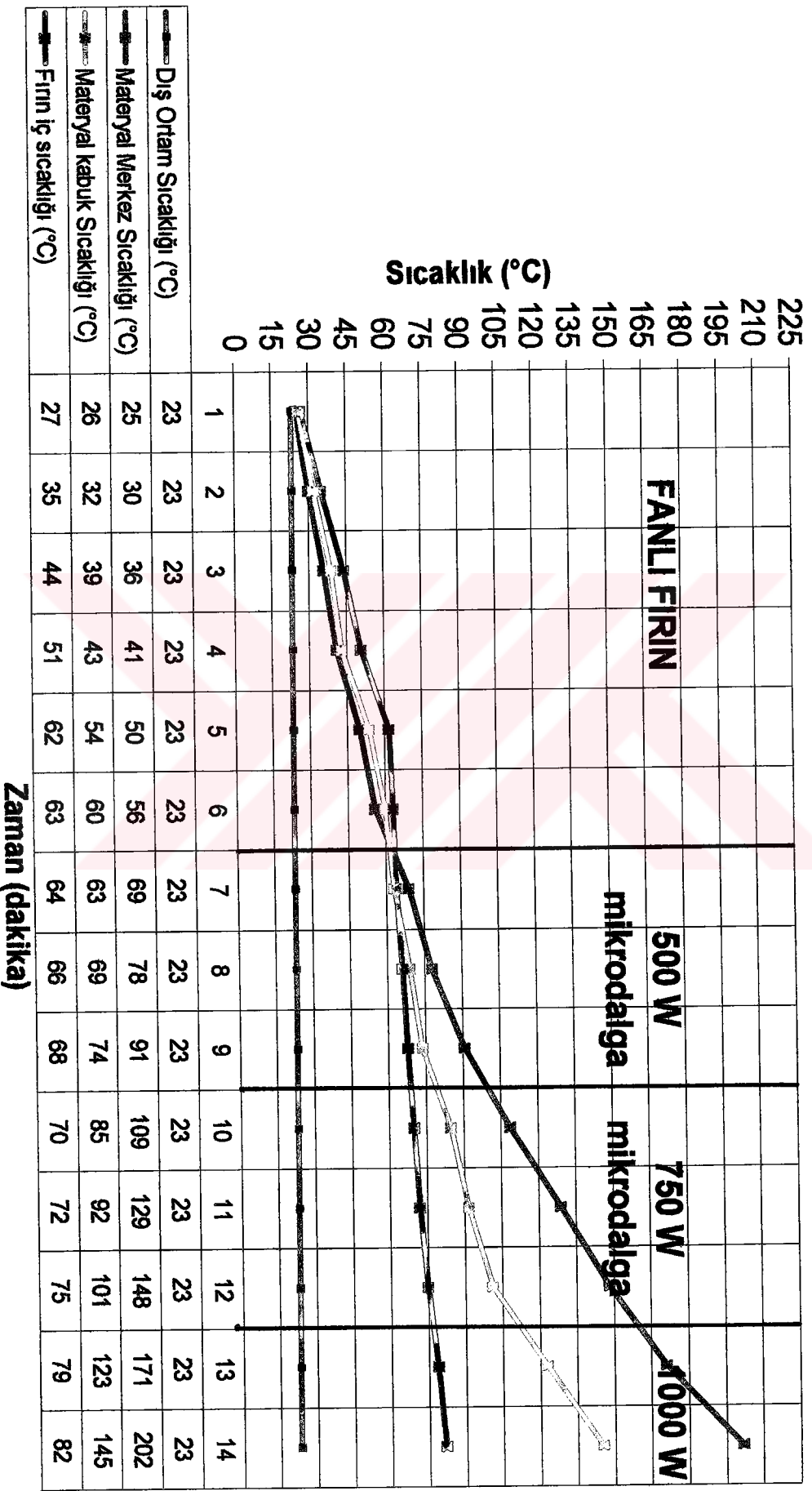
Şekil 22. Portakalın kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi



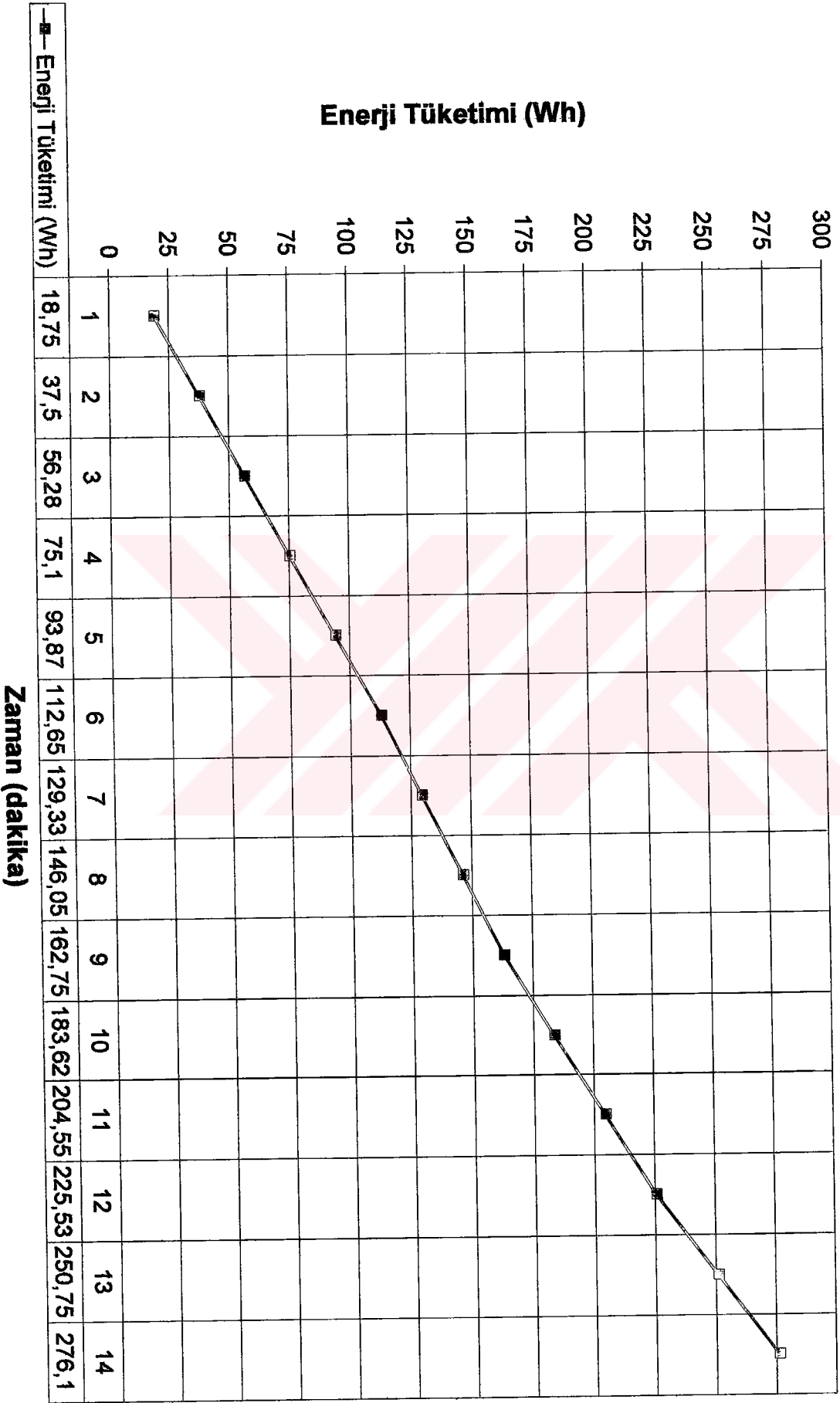
Şekil 23. Sivri biberin %87,50 nemden %8,62 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



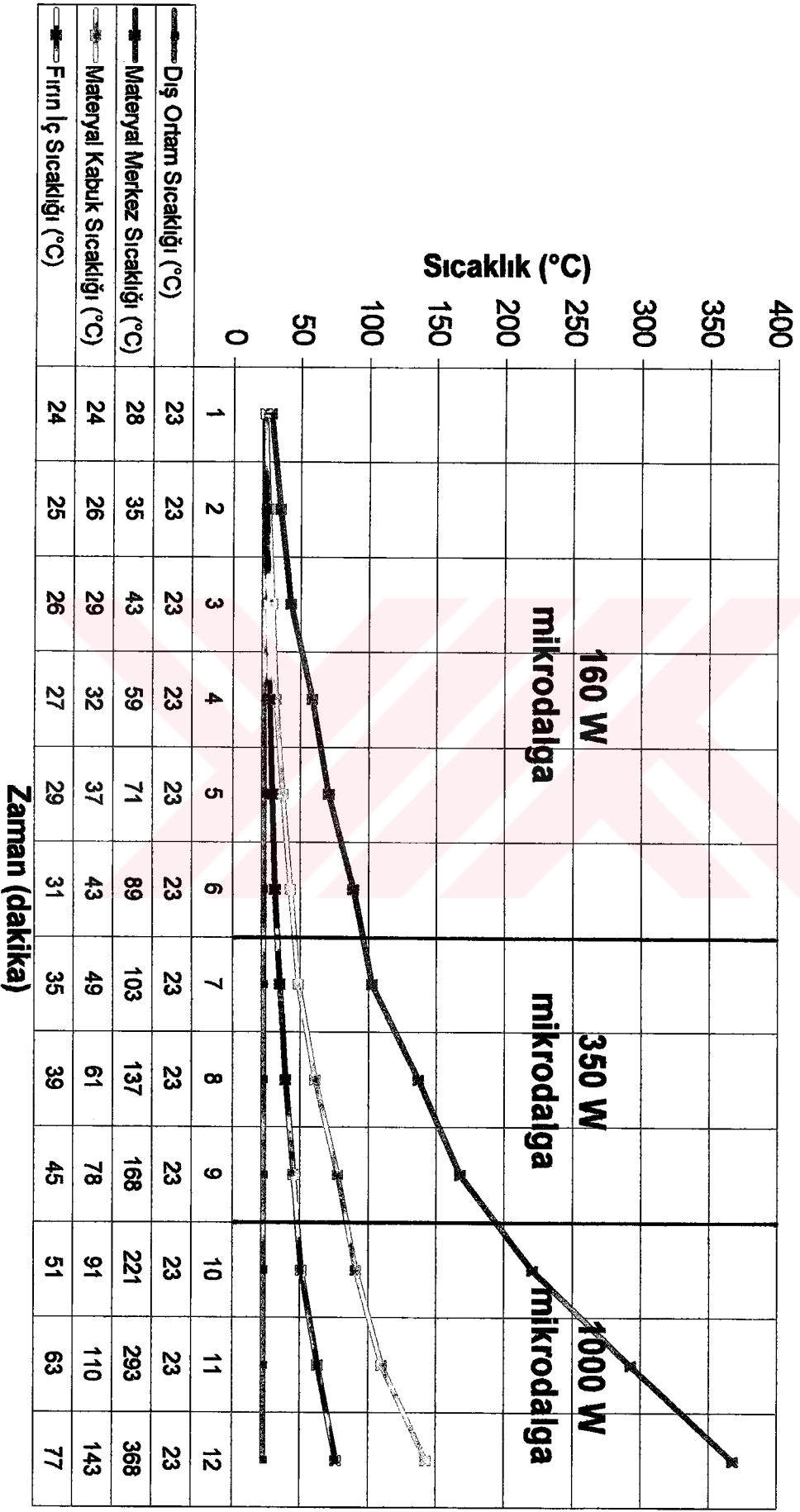
Şekil 24. Sıvı biberin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi



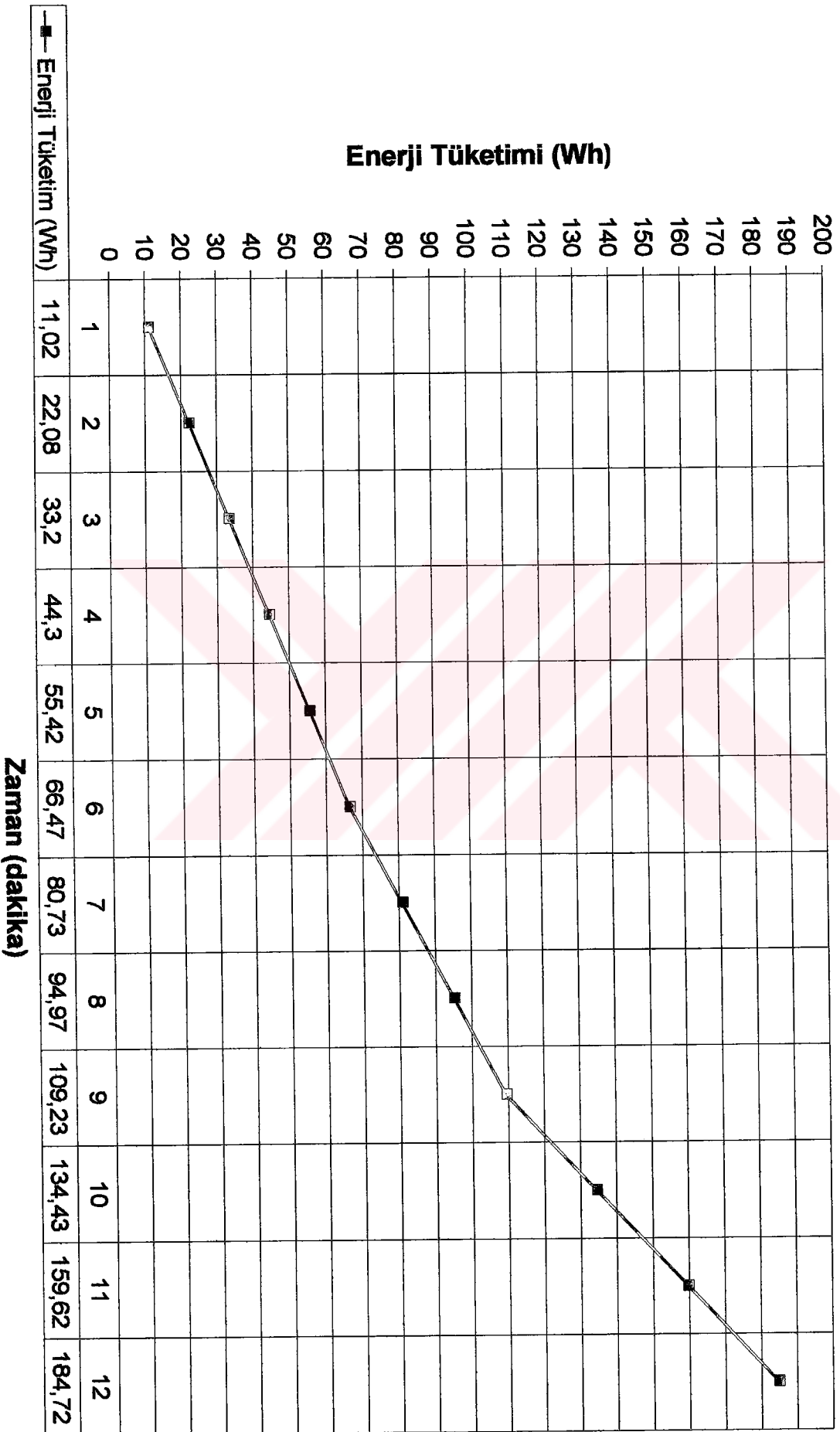
Şekil 25. Dilimlenmiş yağ biberinin %89,25 nemden %10,10 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 26. Dilimlenmiş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi



Şekil 27. Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin %89,05 nemden %11,43 neme düşürülmesi sırasındaki sıcaklık-zaman eğrileri



Şekil 28. Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisi

4. 13. 2. Boylamasına İkiye Bölünmüş Yağ Biberinin Araştırma Bulguları

Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin kurutulması sırasında, 160 W mikrodalga kademesinde 6 dakikalık, 350 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık, ve 1000 W mikrodalga kademesinde 3 dakikalık mikrodalga kurutmada oluşan, toplam 12 dakikalık kurutma periyodu kullanılmıştır. Toplam üç kademede gerçekleştirilen mikrodalga kurutma denemesinde materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 28°C iken 12. dakikanın sonunda 368°C olarak kaydedilmiştir. Kabuk kısmının sıcaklıkları ise 1. dakikada 24°C iken 12. dakikanın sonunda 143°C' ye ulaşmıştır. Dış ortam sıcaklığı 12 dakika boyunca 23°C' de sabit kalmıştır. Fırın iç sıcaklığı ise, 1. dakikada 24°C iken 12. dakikanın sonunda 77°C' ye kadar ulaşmıştır. Şekil 27'de boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin sıcaklık-zaman eğrileri, şekil 28'de ise boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin kurutulması sırasında şebekeden çekilen elektrik enerjisinin değerleri verilmiştir.

5. SONUÇ

Kurutulan tüm materyallerde mikrodalga ışınlarla kurutmanın yapıldığı mikrodalga kurutma aşamasında materyalin merkez sıcaklığı materyal kabuk ve fırın iç sıcaklığına oranla hızlı bir artış göstermiştir. Materyalin merkezinde oluşan bu ani artış mikrodalga ısıtmanın materyalin moleküllerini merkezden başlayarak harekete geçirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle materyalin merkezindeki sıcaklık kabuk kısmına ve fırın iç sıcaklığına oranla daha fazla olmaktadır.

Fırın iç sıcaklığı, fanlı fırın uygulamasında zamana bağlı olarak artmış, ancak, mikrodalga fırın uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığında çok az bir sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, mikrodalga ışınların materyalin içerisindeki suyu titreştirerek, ortaya çıkan sürtünmenin etkisi ile materyalin bünyesinde belli bir sıcaklık artışına sebep olmasıdır. Bu nedenle mikrodalga ışınlar, fırının içine yerleştirilen materyal hariç iç ortamda herhangi bir sıcaklık artışına neden olmamaktadır. Ancak, mikrodalga fırın uygulamasının ardından fırın iç sıcaklığı, kurutma materyalinin ısınması sonucu çevreye yayılan ısının etkisiyle az miktarda da olsa artmaktadır.

5.1. PATLICAN KURUTMA SONUÇLARI

Patlıcanın optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken patlıcanda renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile patlıcanın kurutulması, toplam 22 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda patlıcanların kurdukları, hiçbir morfolojik değişime uğramadıkları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca mikrodalga ile kurutulan patlıcanların, güneşte kurutulan patlıcanlara oranla daha temiz bir görünüme sahip oldukları, toz, toprak vs. içermedikleri görülmüştür. Kurutulan patlıcanlar sekiz ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve patlıcanlarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokusunda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.2. BOSTAN PATLICANI KURUTMA SONUÇLARI

Bostan patlicanının optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken patlicanda renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir. Yüksek mikrodalga seviyelerinde kurutma sırasında bostan patlicanlarının üzerinde yanık izlerinin oluşmaması için patlicanlar çok ince doğranmamalıdır.

Bu çalışmada mikrodalga ile patlicanın kurutulması, toplam 30 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda patlicanların kurudukları, hiçbir morfolojik değişime uğramadıkları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri saptanmıştır. Ayrıca mikrodalga ile kurutulan patlicanların, güneşte kurutulan patlicanlara oranla daha temiz bir görünüme sahip oldukları, toz, toprak vs. içermedikleri görülmüştür. Kurutulan patlicanlar sekiz ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve patlicanlarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokusunda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.3. DEFNE YAPRAĞI KURUTMA SONUÇLARI

Defne yaprağının optimum kurutma kriterlerinin saptanması için yapılan çeşitli denemelerde, düşük mikrodalga güç kademelerinde çalışma esnasında yapraklarda kıvrılma ve renk kaybının ortaya çıktığı saptanmıştır. Yüksek mikrodalga güç seviyelerinde çalışma sırasında ise yaprakların ince olmasından dolayı yanma riski fazladır. Ancak yüksek mikrodalga güç seviyelerinde yapraklarda kıvrılma ve renk kaybı oluşmamaktadır.

Bu çalışmada mikrodalga ile defne yaprağının kurutulması, toplam 8 dakikalık bir süreçte mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda defne yapraklarının kurudukları, hiçbir morfolojik değişime uğramadıkları, renk ve koku gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca mikrodalga ile kurutulan defne yapraklarının, güneşte kurutulan defne yapraklarına oranla daha temiz bir görünüme sahip oldukları gözlemlenmiştir. Kurutulan defne yaprakları sekiz ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve defne yapraklarında hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.4. DEREOTU KURUTMA SONUÇLARI

Dereotunun optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken dereotunda renk kaybının ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yanmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile dereotunun kurutulması, toplam 14 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda dereotunun kuruduğu, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan dereotu on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve dereotunda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.5. DOLMA BİBER KURUTMA SONUÇLARI

Dolma biberin optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken dolma biberde renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi, materyalin yüzeyinde hava kabarcıklarının oluşması ve kararmaların meydana gelmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında süreleri düşük tutulmak suretiyle dört kademedен oluşan karma bir mikrodalga kurutma periyodu seçilmiştir. Materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için yüksek mikrodalga seviyelerinde kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile patlıcanın kurutulması sırasında, toplam 10 dakikalık bir süreçte düşük, orta ve yüksek olmak üzere dört mikrodalga kademesinden oluşan karma mikrodalga kurutma periyodu kullanılmıştır. Bu süreç sonunda dolma biberlerin kurudukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan dolma biberler on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve biberlerde hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.6. DOMATES KURUTMA SONUÇLARI

Domatesin optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken domatesten renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi, materyalin yüzeyinde hava kabarcıklarının ve kararmaların oluşması, domatesin et kısmının kabuktan ayrılması ve domates özünün akmasıdır. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında yüzeydeki nemin uçurulması amacıyla önce 30 dakika süren uzun bir sıcak havayla kurutma yöntemi uygulanmıştır. Ardından süreleri düşük tutulmak suretiyle beş kademeden oluşan karma bir mikrodalga kurutma periyodu seçilmiştir.

Bu çalışmada mikrodalga ile patlıcanın kurutulması sırasında, toplam 58 dakikalık bir süreçte düşük, orta ve yüksek olmak üzere beş mikrodalga kademesinden oluşan karma mikrodalga kurutma periyodu ve 30 dakikalık fanlı fırın kademesinden oluşan sıcak havayla kurutma kullanılmıştır. Bu süreç sonunda domateslerin kurudukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan domatesler on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve domateslerde hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.7. HAVUÇ KURUTMA SONUÇLARI

Havucun optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken havuçta renk kaybının ve yapışkanlığın ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yanmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile havucun kurutulması, toplam 11 dakikalık bir süreçte fanlı fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda havuçların kuruduğu, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan havuçlar on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş

ve havuçlarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.8. KABAK KURUTMA SONUÇLARI

Kabağın optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken kabakta renk kaybının ve sulanmanın ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yanmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile kabağın kurutulması, toplam 24 dakikalık bir süreçte fanlı fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda kabakların kuruduğu, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan kabaklar on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve kabaklarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.9. LİMON KURUTMA SONUÇLARI

Limonun optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken limonda renk kaybının ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir. Yüksek mikrodalga seviyelerinde kurutma sırasında limonların üzerinde yanık izlerinin oluşmaması için limonlar çok ince doğranmamalıdır.

Bu çalışmada mikrodalga ile limonun kurutulması, toplam 26 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda limonların kurudukları, hiçbir morfolojik değişime uğramadıkları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan limonlar sekiz ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve limonlarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.10. MAYDANOZ KURUTMA SONUÇLARI

Maydanozun optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken maydanozda renk kaybının ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yanmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile maydanozun kurutulması, toplam 12 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda maydanozların kurdukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan maydanozlar on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve maydanozlarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.11. PORTAKAL KURUTMA SONUÇLARI

Portakalın optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken portakalda renk kaybının ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir. Yüksek mikrodalga seviyelerinde kurutma sırasında portakalların üzerinde yanık izlerinin oluşmaması için portakallar çok ince doğranmalıdır.

Bu çalışmada mikrodalga ile portakalın kurutulması, toplam 26 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda portakalların kurdukları, hiçbir morfolojik değişime uğramadıkları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan portakallar sekiz ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve portakallarda hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.12. SIVRİ BİBER KURUTMA SONUÇLARI

Sivri biberin optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken sivri biberde renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi ve materyal yüzeyinde hava kabarcıklarının oluşmasıdır. Kurutma işlemi sırasında materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile sivri biberin kurutulması, toplam 22 dakikalık bir süreçte normal fırın ve mikrodalga fırın uygulaması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda sivri biberlerin kurdukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan sivri biberler on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve sivri biberlerde hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.13. YAĞ BİBERİ KURUTMA SONUÇLARI

5.13.1. İnce-ince Dilimlenmiş Yağ Biberi Kurutma Sonuçları

Dilimlenmiş yağ biberinin optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken yağ biberlerinde renk kaybının, materyal yüzeyinde büzüşme ve sulanmanın ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi, materyalin yüzeyinde hava kabarcıklarının ve kararmaların oluşmasıdır.

Bu çalışmada mikrodalga ile dilimlenmiş yağ biberlerinin kurutulması sırasında, toplam 14 dakikalık bir süreçte orta ve yüksek olmak üzere üç mikrodalga kademesinden oluşan karma mikrodalga kurutma periyodu ve 6 dakikalık fanlı fırın kademesinden oluşan sıcak havayla kurutma periyodu kullanılmıştır. Bu süreç sonunda dilimlenmiş yağ biberlerinin kurdukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan biberler on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve biberlerde hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

5.13.2. Boylamasına İkiye Bölünmüş Yağ Biberi Kurutma Sonuçları

Boylamasına ikiye bölünmüş yağ biberinin optimum kurutma kriterlerinin saptanabilmesi için yapılan çeşitli denemelerde gözlenen sonuç, düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken yağ biberlerinde renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşme ve yapışkanlığın ortaya çıktığıdır. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışma sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi ve materyalin yüzeyinde hava kabarcıklarının oluşması meydana gelmesidir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında süreleri düşük tutulmak suretiyle üç kademedен oluşan karma bir mikrodalga kurutma periyodu seçilmiştir. Materyalin yüzeyinde yanık izlerinin olmaması için yüksek mikrodalga seviyelerinde kurutma safhası çok iyi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada mikrodalga ile yağ biberinin kurutulması sırasında, toplam 12 dakikalık bir süreçte düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç mikrodalga kademesinden oluşan karma mikrodalga kurutma periyodu kullanılmıştır. Bu süreç sonunda yağ biberlerinin kurudukları, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri ortaya konulmuştur. Kurutulan yağ biberleri on ay cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve biberlerde hiçbir bozulma olmadığı, renk ve kokuda kayıp oluşmadığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- 1. ADU, B., OTTEN, L., BROWN, R.B. 1994. Modelling thin layer microwave drying of soybeans.** Canadian Agricultural Engineering 36 (3) 135-141 [En, fr, 23 ref.] School of Engineering, University of Guelph, Guelph, ON N1G 2W1, Canada. p. 135-136
- 2. CHEN CHIACHUNG, TSAO CHIHTSU. 1995. Moisture determination of Rough Rice and Other Grains by a Microwave Oven.** Journal of Agricultural Research of China 44 (4) 499-514 [Ch, En, 24 ref.] Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan. p. 510-514
- 3. CHUNG, M.T.M., FURUTANI, C. 1989. Microwave drying of Macadamia Nuts.** Applied Engineering in Agriculture 5 (4) 565-567 [En, 10 ref.] Department of Agricultural Engineering, Collage of Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI 96822, USA. p. 565
- 4. ERİŞ, A., ŞENİZ, V. 1994. Bahçe Bitkileri.** Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Notları No.: 28, Bursa. s. 3-7
- 5. GUNASEKARAN, S. 1989. Pulsed-Microwave Drying of Corn.** Paper- American Society of Agricultural Engineers No. 89-3545, 14 pp. [En, 18 ref.] University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA. p.14
- 6. IŞIK, E., ALİBAŞ, İ. 2000. Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler ve Kurutma Sistemleri.** Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Notu No: 3, Bursa. s. 64
- 7. KARTING, T., LÜCKE, W., LASSNIG, C. 1994. The Use of Mikrowave Energy in the Preparation of Herbal Drugs. First. Communication.** Der Einsatz von Mikrowellenenergie zur Aufbereitung von Arzneidrogen. 1. Mitteilung. Pharmazie 49 (8)610-613 [De, en, 11 ref., 4 pl.] Institut für Pharmakognosie, karl-Franzens-Universität Graz, 8010 Graz, Austria. p. 610-611
- 8. KOSTAROPOULOS, A.E., SARAVACOS, G.D. 1995. Microwave pre-treatment for sun-dried raisins.** Journal of Food Science 60 (2) 344-347 [En, 18 ref.] Dept. Of Food Science &Technology, Agricultural Univ. Of Athens, Iera Odos 75, Votanikos, Athens 11855, Greece. p. 345
- 9. SHIVHARE, U.S., RAGHAVAN, G.S.V., BOSISIO, R.G. 1990. Microwave Drying of Seed-Quality Corn in Packed Bed Using Surface Wave Applicator (SWA).** Paper- American Society of Agricultural Engineers No.90-6057, 21 pp. [En,

17 ref.] Department of Agricultural Engineering, Macdonald Collage, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, Que H9X 1C0, Canada. p. 21

10. SHIVHARE, U.S., RAGHAVAN, G.S.V., BOSISIO, R.G. 1992. Microwave drying of Corn. III. Constant Power, Intermittent Operation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 35 (3) 959-962 [En, 13 ref. Presented as ASAE Paper No. 90-3009]. Dept. Of Agricultural Engineering, University of Manitoba, Manitoba, Canada. p. 961-962

11. SHIVHARE, U.S., RAGHAVAN, G.S.V., BOSISIO, R.G. 1992. Microwave drying of Corn. II. Constant Power, Continuous Operation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 35 (3) 951-957 [En, 20 ref.] Dept. Of Agricultural Engineering, Macdonald Campus of Mc Gill University, Ste Anne de Bellevue, Quebec, Canada. p. 952

12. SHIVHARE, U.S., RAGHAVAN, G.S.V., BOSISIO, R.G. 1992. Microwave drying of Corn. I. Equilibrium Moisture Content. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 35 (3) 947-950 [En, 10 ref. Presented as ASAE Paper No. 90-6606.] Dept. Of Agricultural Engineering, Macdonald Campus of McGill University, Ste Anne de Bellevue, Quebec, Canada. p. 949

13. ST. JOHN, C., OTTEN, L. 1989. Thin-layer Microwave Drying of Peanuts. Canadian Agricultural engineering 31 (2) 265-270 [En, 16 ref.] School of Engineering, University of Guelph, Guelph, Ont. N1G 2W1, Canada. p. 265

14. TSANG, M.M.C., FURUTANI, S.C. 1989. Rapid Moisture Content Determination of Macadamia Nuts by microwave Drying. Hort Science 24 (4) 694-695 [En, 7 ref.] Collage of Agriculture, university of Hawaii at Hilo, Hilo, HI 96720, USA. p. 694-695

15. TULASIDAS, T. N., RAGHAVAN, G.S.V., NORRIS, E.R. 1993. Microwave and convective drying of grapes. Transactions of the ASAE, En, 20 ref. Presented as ASAE Paper No. 92-3016.

16. TULASIDAS, T.N., RATTI, C., RAGHAVAN, G.S.V. 1997. Modelling of Microwave drying of grapes. Canadian Agricultural Engineering 39 (1) 57-67 [En, 31 ref.] Department of Dairy Engineering, University of Agricultural Sciences, Hebbal Campus, Bangalore 560024, Karnataka, India. p. 58-61

- 17. UZ, E. 1978. Tarımsal Ürünleri Kurutma ve Soğutma Tekniği.** Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 267, İzmir. s.38-43
- 18. ÜLGER, P. 1985. Ürün İşleme İlkeleri ve Makinaları.** Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki yayınları, Yayın No: 37, Ankara. s.70-71
- 19. WADSWORTH, J.I., VELUPILLAI, L., VERMA, L.R. 1990. Microwave-vacuum Drying of Parboiled Rice.** Transactions of the ASAE 33 (1) 199-210 [En, 15 ref. Presented as ASAE Paper No. 89-6101.] USDA-ARS, Southern Regional Research Center, New Orleans, LA, USA. p. 201-204
- 20. YAĞCIOĞLU, A. 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği.** Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Yayın No: 536, İzmir. s.243-248



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yönetimini üzerine alan ve araştırma konusunun belirlenmesinden, araştırmanın sonuçlarına kadar her aşamada karşılaştığım sorunların çözümünde yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Eşref IŞIK 'a, çalışmalarım sırasında yardımlarından dolayı bölüm başkanımız Sayın Hocam Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ 'a ve bölümümüzün tüm öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince kullandığım mikrodalga fırını veren Arçelik A.Ş. Bursa Bölgesi Eğitim Müdürü Sayın Osman YÜCEL ve Arçelik Bursa Bölge Müdürlüğü yetkililerine, sıcaklık ölçüm düzeni ve diğer test aletlerinin temininde bana yardımcı olan Gaz Aletleri A. Ş. Firması Eğitim Sorumlusu Sayın Rahmi UĞUR'a ve Gaz Aletleri A. Ş. Firması yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Beni her türlü koşul ve şartlarda destekleyen ve sabırla yanımda yer alan eşim Burak ÖZKAN 'a, annem Nurten ALİBAŞ 'a ve kardeşim Öznur ALİBAŞ 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bursa, 2001

İlknur ALİBAŞ ÖZKAN

İLKNUR ALİBAŞ ÖZKAN 'IN ÖZGEÇMİŞİ

- 28. 09. 1977 yılında Ankara'da doğdu.
- İlk ve Orta Okulu Zonguldak'ta bitirdi.
- 1994 yılında Lise öğrenimini Bursa Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladı.
- 1994 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nü kazandı.
- 1997 yılında Almanya'nın Bonn Kenti'nde bulunan Reinisher-Williham Bonn Üniversitesi'nde, hasat ve harman makinaları üzerine iki aylık staj yaptı.
- 1997-1998 Eğitim öğretim yılı Bahar yarıyılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ni Fakülte Birinciliği derecesiyle, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünü de Bölüm Birinciliği derecesiyle bitirdi.
- 1998-1999 Eğitim Öğretim yılı bahar yarıyılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı. Aynı yıl Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak atandı.
- 22. 04. 2000 yılında evlendi.
- Halen Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde aynı görevini sürdürmektedir.