

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEŞİTLİ TARIMSAL ÜRÜNLERİN VAKUMLA
KURUTULMASINDA KURUTMA PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

ASLI AYHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

BURSA – 2005

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEŞİTLİ TARIMSAL ÜRÜNLERİN VAKUMLA
KURUTULMASINDA KURUTMA PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

ASLI AYHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

Bu tez 23.09.2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
(Danışman)

Prof. Dr. Vedat ŞENİZ

Yrd. Doç. Dr. Ali VARDAR

ÖZET

Bu çalışmada, havuç, elma ve maydanozun vakumla kurutulmasında kurutma parametreleri belirlenmiştir. Havuç, elma ve maydanoz üç vakum kademesinde (20 mmHg, 50 mmHg ve 75 mmHg) ve üç sıcaklık değerinde (75 °C, 65 °C ve 55 °C) vakum altında kurutulmuştur. Aynı ürünler sıcak havada ve açık havada da kurutularak 3 kurutma yöntemi, kurutma özellikleri ve enerji tüketimi yönünden karşılaştırılmıştır.

Havucun vakumla kurutulmasında, kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından 75 °C'de 20 mmHg vakum altında (100 dk, 0.3 kWh) yapılan kurutma en iyi sonucu verirken, en yüksek nemi geri alma miktarı 65 °C 20 mmHg'da, 2.33 g/4sa olarak bulunmuştur. Kontrole en yakın renk özellikleri $L=36.34$, $a=20.44$, $b=18.51$ değerleriyle 75 °C 20 mmHg değerinde elde edilmiştir. Sıcak havayla kurutmada, kurutma süresi açısından 75 °C'deki, enerji tüketimi açısından da 55 °C'deki kurutma en iyi sonucu vermiştir. Havucun açık havada kurutulmasında, gölgede kurutma yöntemi, doğrudan güneşte kurutmaya göre daha iyi sonucu vermiştir.

Elmanın vakumla kurutulmasında, kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından 75 °C'de 20 mmHg vakum altında (120 dk, 0.32 kWh) yapılan kurutma en iyi sonucu verirken, en yüksek nemi geri alma miktarı 65 °C 50 mmHg'da 3.95 g/4sa olarak bulunmuştur. Elmada kontrole en yakın renk özellikleri $L=52.84$, $a=0.14$, $b=18.49$ değerleriyle güneşte kurutmada elde edilmiştir. Sıcak havayla kurutmada, kurutma süresi açısından 75 °C'deki, enerji tüketimi açısından da 55 °C'deki kurutma en iyi sonucu vermiştir. Elmanın açık havada kurutulmasında, doğrudan güneşte kurutma yöntemi, gölgede kurutmaya göre daha iyi sonucu vermiştir.

Maydanozun vakumla kurutulmasında, kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından 75 °C'de 20 mmHg vakum altında (20 dk, 0.06 kWh) yapılan kurutma en iyi sonucu verirken, en yüksek nemi geri alma miktarı 75 °C 20 mmHg'da 2.48 g/4sa olarak bulunmuştur. Kontrole en yakın renk özellikleri $L=30.26$, $a=-9.91$, $b=13.48$ değerleriyle 75 °C 50 mmHg'da kurutmada elde edilmiştir. Sıcak havayla kurutmada, kurutma süresi, enerji tüketimi ve en yüksek nemi geri alma miktarı açısından en iyi sonuç 75 °C'de elde edilmiştir. Maydanozun açık havada kurutulmasında, gölgede kurutma yöntemi, doğrudan güneşte kurutmaya göre daha iyi sonucu vermiştir.

Her üç yöntemde göz önüne alındığında havuç, elma ve maydanoz için en uygun kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg'da yapılan kurutmadır.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, vakum, elma, havuç, maydanoz

ABSTRACT**DETERMINATION OF DEHYDRATION PARAMETERS OF SOME AGRICULTURAL PRODUCTS DEHYDRATED BY VACUUM**

In this study drying parameters of carrot, apple and parsley were determined in vacuum drying. Carrot, apple and parsley were dried under vacuum in three vacuum levels (20 mmHg, 50 mmHg, 75 mmHg) and in three heating values (75 °C, 65 °C, 55 °C). The same products were also dried in hot air and open air and the three drying methods were compared in terms of drying properties and energy consumptions.

In drying of carrot under vacuum, the best results, in terms of drying time and energy consumption, were obtained under 75 °C and 20 mmHg vacuum (100 min 0.3 kWh). The highest moisture taking back was found as 2.33 g/4 h under 65 °C 20 mmHg. The closest color properties to the control group were found under 75 °C 20 mmHg as L=36.34, a=20.44, b=18.51. In drying by hot air, in terms of drying time the best results were achieved in 75 °C and 55 °C in terms of energy consumption. In drying of carrot in open air, drying in shadow method has given better results than drying under the sun.

In drying of apple under vacuum, the best results, in terms of drying time and energy consumption, were obtained under 75 °C and 20 mmHg vacuum (120 min 0.32 kWh). The highest moisture taking back was found as 3.95 g/4 hour under 65 °C 20 mmHg. The closest color properties to the control group were found drying under sun as L=52.84, a=0.14, b=18.49. In drying by hot air, in terms of drying time the best results were achieved in 75 °C and 55 °C in terms of energy consumption. In drying of apple in open air, drying under the sun method has given better results than drying in shadow.

In drying of parsley under vacuum, the best results, in terms of drying time and energy consumption, were obtained under 75 °C and 20 mmHg vacuum (20 min 0.06 kWh). The highest moisture taking back was found as 2.48 g/4 hour under 75 °C 20 mmHg. The closest color properties to the control group were found drying under 75 °C 20 mmHg as L=30.26, a=-9.91, b=13.48. In drying by hot air, in terms of drying time and energy consumption the best results were achieved in 75 °C. In drying of parsley in open air, drying in shadow method has given better results than drying under the sun.

When all these three methods are taken into consideration, the best drying method for carrot, apple and parsley is drying under 75 °C 20 mmHg.

Key Words: Drying, vacuum, apple, carrot, parsley

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Vakumla Kurutma Yöntemi	26
3.2.1.1. Havucun Vakumla Kurutulması	26
3.2.1.2. Elmanın Vakumla Kurutulması	28
3.2.1.3. Maydanozun Vakumla Kurutulması	28
3.2.2. Sıcak Hava ile Kurutma Yöntemi	30
3.2.2.1. Havucun Sıcak Hava ile Kurutulması	30
3.2.2.2. Elmanın Sıcak Hava ile Kurutulması	31
3.2.2.3. Maydanozun Sıcak Hava ile Kurutulması	31
3.2.3. Açık Havada Kurutma Yöntemleri	31
3.2.3.1. Havucun Açık Havada Kurutulması	31
3.2.3.2. Elmanın Açık Havada Kurutulması	32
3.2.3.3. Maydanozun Açık Havada Kurutulması	32
3.2.4. Nem Tayini	32
3.2.5. Renk Tayini	32
3.2.6. Nemi Geri Alma Miktarı	33
3.2.7. Hacim Ölçümü	33
3.2.8. Regresyon Analizi	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	34
4.1. Vakumla Kurutma	34
4.1.1. Havucun Vakumla Kurutulması	34
4.1.1.1. Havucun 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	34
4.1.1.2. Havucun 65 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	41

4.1.1.3. Havucun 55 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	46
4.1.2. Elmanın Vakumla Kurutulması	51
4.1.2.1. Elmanın 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	51
4.1.2.2. Elmanın 65 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	56
4.1.2.3. Elmanın 55 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	62
4.1.3. Maydanozun Vakumla Kurutulması	68
4.1.3.1. Maydanozun 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	68
4.1.3.2. Maydanozun 65 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	75
4.1.3.3. Maydanozun 55 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması	81
4.2. Fırında Kurutma	87
4.2.1. Havucun Fırında Kurutulması	87
4.2.2. Elmanın Fırında Kurutulması	92
4.2.3. Maydanozun Fırında Kurutulması	97
4.3. Açık Havada Kurutma	102
4.3.1. Güneşte Kurutma	102
4.3.2. Gölgede Kurutma	103
5. TARTIŞMA	105
6. SONUÇ	106
6.1. Havucun Kurutma Sonuçları	106
6.2. Elmanın Kurutma Sonuçları	106
6.3. Maydanozun Kurutma Sonuçları	107
KAYNAKLAR	108
EKLER	113
TEŞEKKÜR	122
ÖZGEÇMİŞ	123

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Ağırlık ölçümlerinde kullanılan hassas teraziler	22
Şekil 2. Dijital nem-sıcaklık ölçer	23
Şekil 3. Nem tayininde kullanılan etüv	23
Şekil 4. Dilimleme makinası	24
Şekil 5. Hacimlerin ölçülmesinde kullanılan cam ölçü silindirleri	24
Şekil 6. Vakumla kurutma düzeneği	25
Şekil 7. Sıcak hava ile kurutmada kullanılan fanlı fırın	25
Şekil 8. Açık havada kurutma sehpası	26
Şekil 9. Havucun vakumla kurutma akış diyagramı	27
Şekil 10. Elmanın vakumla kurutma akış diyagramı	29
Şekil 11. Maydanozun vakumla kurutma akış diyagramı	30
Şekil 12. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	36
Şekil 13. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	36
Şekil 14. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	37
Şekil 15. 75 °C’de vakumla kurutulmuş havucun zamana bağlı nemi geri alma miktarı	37
Şekil 16. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	38
Şekil 17. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	38
Şekil 18. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	39
Şekil 19. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	39
Şekil 20. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	40

Şekil 21. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	40
Şekil 22. Havucun 65 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	42
Şekil 23. Havucun 65 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	42
Şekil 24. Havucun 65 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	43
Şekil 25. 65 °C'de vakumla kurutulmuş havucun zamana bağlı nemi geri alma miktarı	43
Şekil 26. 65 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	44
Şekil 27. 65 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	44
Şekil 28. 65 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	44
Şekil 29. 65 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	45
Şekil 30. 65 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	45
Şekil 31. 65 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	45
Şekil 32. Havucun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	47
Şekil 33. Havucun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	47
Şekil 34. Havucun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	48
Şekil 35. 55 °C'de vakumla kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı	48
Şekil 36. 55 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	49
Şekil 37. 55 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	49

Şekil 38. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	49
Şekil 39. 55 °C 20 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	50
Şekil 40. 55 °C 50 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	50
Şekil 41. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	50
Şekil 42. Elmanın 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	52
Şekil 43. Elmanın 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	52
Şekil 44. Elmanın 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	53
Şekil 45. 75 °C’de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı	53
Şekil 46. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	53
Şekil 47. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	54
Şekil 48. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	54
Şekil 49. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	55
Şekil 50. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	55
Şekil 51. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	56
Şekil 52. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	57
Şekil 53. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	58
Şekil 54. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	58
Şekil 55. 65 °C’de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı	59

Şekil 56. 65 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	59
Şekil 57. 65 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	60
Şekil 58. 65 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	60
Şekil 59. 65 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	61
Şekil 60. 65 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	61
Şekil 61. 65 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	62
Şekil 62. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	63
Şekil 63. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	64
Şekil 64. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	64
Şekil 65. 55 °C’de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı	65
Şekil 66. 55 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	65
Şekil 67. 55 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	66
Şekil 68. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	66
Şekil 69. 55 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	67
Şekil 70. 55 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	67
Şekil 71. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	68
Şekil 72. Maydanozun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	70

Şekil 73. Maydanozun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	70
Şekil 74. Maydanozun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	71
Şekil 75. 75 °C’de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı	71
Şekil 76. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	72
Şekil 77. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	72
Şekil 78. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	73
Şekil 79. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	73
Şekil 80. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	74
Şekil 81. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	74
Şekil 82. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	76
Şekil 83. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	76
Şekil 84. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	77
Şekil 85. 65 °C’de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı	77
Şekil 86. 65 °C 20 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	78
Şekil 87. 65 °C 50 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	78
Şekil 88. 65 °C 75 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	79
Şekil 89. 65 °C 20 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	79

Şekil 90. 65 °C 50 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	80
Şekil 91. 65 °C 75 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	80
Şekil 92. Maydanozun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	82
Şekil 93. Maydanozun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	82
Şekil 94. Maydanozun 55 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	83
Şekil 95. 55 °C'de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı	83
Şekil 96. 55 °C 20 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	84
Şekil 97. 55 °C 50 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	84
Şekil 98. 55 °C 75 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	85
Şekil 99. 55 °C 20 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	85
Şekil 100. 55 °C 50 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	86
Şekil 101. 55 °C 75 mmHg'da kurutulmuş maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	86
Şekil 102. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	88
Şekil 103. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	88
Şekil 104. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	89
Şekil 105. Fırında kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı	89
Şekil 106. 75 °C'de kurutulmuş havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	90
Şekil 107. 65 °C'de kurutulmuş havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	90

Şekil 108. 55 °C’de kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	90
Şekil 109. 75 °C’de kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	91
Şekil 110. 65 °C’de kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	91
Şekil 111. 55 °C’de kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği	91
Şekil 112. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	93
Şekil 113. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	93
Şekil 114. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	94
Şekil 115. Fırında kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı	94
Şekil 116. 75 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	95
Şekil 117. 65 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	95
Şekil 118. 55 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	95
Şekil 119. 75 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	96
Şekil 120. 65 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	96
Şekil 121. 55 °C’de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	96
Şekil 122. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı	98
Şekil 123. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi	98
Şekil 124. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi	99
Şekil 125. Fırında kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı	99
Şekil 126. 75 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	100

Şekil 127. 65 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	100
Şekil 128. 55 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği	100
Şekil 129. 75 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	101
Şekil 130. 65 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	101
Şekil 131. 55 °C’de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği	101
Şekil 132. Güneşte ve gölgede kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı	102
Şekil 133. Güneşte ve gölgede kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı	103
Şekil 134. Güneşte ve gölgede kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı ..	103
EK-7. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş havuç dilimleri..	119
EK-8. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş elma dilimleri...	120
EK-9. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş maydanoz yaprakları.....	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Türkiye’deki meyve üretim değerleri	3
Çizelge 2. Türkiye’deki sebze üretim değerleri	3
Çizelge 3. Türkiye’nin kurutulmuş ürün ihracat değerleri	4
Çizelge 4. Elmanın genel kimyasal bileşimi (100 gr yenilebilir kısımdaki miktar)	6
Çizelge 5. Elma ve elma ürünlerinin yaklaşık kompozisyonları	6
Çizelge 6. Bazı sebzelerden 1 kg. kuru ürün elde etmek için gerekli yaş sebze ağırlıkları	7
EK-1. Elmanın vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi	113
EK-2. Havucun vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi	114
EK-3. Maydanozun vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi	115
EK-4. Kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı ve renk değerleri	116
EK-5. Kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı ve renk değerleri	117
EK-6. Kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı ve renk değerleri	118

1. GİRİŞ

İnsanların beslenmesinde önemli bir yere sahip olan tarımsal ürünlerin, üretiminden tüketimine kadar bazı kayıplar söz konusudur. Tahıllarda, hasattan kullanıma kadar meydana gelen kayıpların değeri, yıllık üretimin %10'unu oluşturduğu ve kuru ot üretiminde ise bu oranın %28 dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Meyvedeki kayıpların yıllık üretimin %35'ine, sebzedeki kayıpların ise yıllık üretimin %40'ına ulaştığı sanılmaktadır. Dünyanın tarımsal ürün üretim miktarı göz önüne alınırsa, bu rakamlara göre ürün kaybının ne kadar büyük değerlere ulaştığı anlaşılabilir(Işık ve Alibaş 2000).

Ürün kaybını önlemek, ürünün kullanılabilir ekonomik ömrünü arttırmak, ürünün kalitesini korumak ve ürün kalitesini artırmak için günümüze kadar pek çok yöntem geliştirilmiştir.

Bu yöntemler; pastörize, soğutma, atmosfer kontrolü, kimyasal uygulamalar ve kurutmadır(Işık ve Alibaş 2000).

Tarım ürünlerindeki nemin ürün bünyesinden uzaklaştırılması olarak ifade edebileceğimiz kurutma daha açık bir ifade ile ham, yarı işlenmiş ya da işlenmiş katı, sıvı ve yarı sıvı gıdaların yapılarındaki su oranının azaltılarak belirli düzeylere düşürülmesi işlemidir(Saldamlı ve Saldamlı 1990, Işık ve Alibaş 2000).

Kurutmanın yararlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Ürünün bozulmadan, kalite özelliklerini koruyarak muhafaza edilmesi,
- Bir defada yenilebilen miktardan daha fazla besinsel bileşen alınmasına olanak vermesi,
- Kullanıma hazır ürün elde edilmesini sağlayarak zamandan tasarruf sağlaması,
- Hacim azalması sonucu depolama ve nakliyatta kolaylık sağlaması,
- Bazı ürünlerin işlenmesine olanak vererek daha yüksek ekonomik değerli ürün elde edilmesi,
- Erken hasada olanak sağlaması.

Gıdaların kurutularak dayanıklılık kazandırılması yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Gerçekten bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmektedir,

örneğin çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir. İlkel toplulukların et ve balık gibi gıda maddelerini çok önceleri güneş altında kuruttukları arkeolojik kazılarda bulunan belge ve kalıntılardan anlaşılmaktadır. Ayrıca ünlü gezgin Marco Polo Uzak Doğu'ya yaptığı gezilerde Moğolların sütü güneşte kurutarak süt tozu yaptıklarını yazmıştır. Doğada kuruma, güneş ısıyla gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır(Saldamlı ve Saldamlı 1990, Cemeroğlu ve ark. 2003).

Dünya'da ticareti yapılan kurutulmuş sebzelerin %97-98'i kontrollü koşullarda sıcak hava ile kurutulmaktadır. Ülkemizde ürünlerin çoğunluğu hala güneş altında açık havada kurutulmaktadır. Buda ürünün toz ve toprağa maruz kalması ve güneş ışınlarının doğrudan kurutulan ürüne temas etmesi gibi olumsuz özellikleri nedeniyle kalite kaybına neden olmaktadır. Bu kalite kayıpları ürünün ekonomik açıdan da iç ve dış pazarda kaybına neden olmaktadır(Işık ve Alibaş 2000).

Ülkemizde çok çeşitli meyve ve sebze kurutulmaktadır. Meyvelerden; üzüm, erik, kayısı, zerdali, şeftali, dut, vişne, kiraz, elma, armut, incir, sert kabuklu meyvelerden; ceviz, fındık, badem, sebzelerden; bamya, patlıcan, biber, fasulye, kabak, soğan, sarımsak, ayrıca maydanoz, nane, kekik, defne, ıhlamur gibi bitkiler ve tüm tahıllar, baklagiller, pirinç ve mısır kurutulmaktadır.

Türkiye'de üretimi yapılan bazı meyve ve sebzelerin üretim değerleri ve Türkiye'nin kurutulmuş ürün ihracat değerleri yıllar itibariyle Çizelge 1, 2 ve 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye’deki meyve üretim değerleri(Anonim 1999, 2000, 2001, 2002).

MEYVELER	MİKTAR(ton)			
	1999	2000	2001	2002
ELMA	2 500 000	2 400 000	2 450 000	2 200 000
ERİK	195 000	195 000	200 000	200 000
KAYISI	335 000	530 000	470 000	315 000
KİRAZ	250 000	230 000	250 000	210 000
ŞEFTALİ	400 000	430 000	460 000	455 000
PORTAKAL	1 100 000	1 070 000	1 250 000	1 250 000
BADEM	43 000	47 000	42 000	41 000
FINDIK	530 000	470 000	625 000	600 000
KESTANE	53 000	50 000	47 000	47 000
ÇİLEK	129 000	130 000	117 000	145 000
DUT	65 000	60 000	55 000	55 000
İNCİR	275 000	240 000	235 000	250 000
MUZ	34 000	64 000	75 000	95 000
ÜZÜM	3 400 000	3 600 000	3 250 000	3 500 000

Çizelge 2. Türkiye’deki sebze üretim değerleri(Anonim 1999, 2000, 2001, 2002).

SEBZELER	MİKTAR(ton)			
	1999	2000	2001	2002
MAYDANOZ	35 500	40 000	40 000	44 000
HAVUÇ	239 000	235 000	230 000	235 000
DEREOTU	1 550	1 700	800	1 600
ISPANAK	200 000	205 000	210 000	220 000
PIRASA	314 000	308 000	300 000	290 000
PAZI	7 650	7 300	7 000	7 000
FASULYE	471 000	514 000	490 000	515 000
BEZELYE	55 000	48 000	60 000	69 000
BAMYA	24 500	27 500	30 000	31 000
DOMATES	8 956 000	8 890 000	8 425 000	9 450 000
NANE	3 800	5 000	5 000	5 500
SARIMSAK	22 600	21 000	20 000	21 000
PATLICAN	976 000	924 000	945 000	955 000
ENGİNAR	25 800	24 500	26 500	27 000

Çizelge 3. Türkiye'nin kurutulmuş ürün ihracat değerleri(Anonim 1999, 2000).

KURUTULMUŞ ÜRÜN ADI	MİKTAR(kg)	
	1999	2000
SOĞAN	55 427	3 862
MANTAR	20 646	35 207
DOMATES	3 464 448	4 020 693
SARIMSAK	1 258	1 062
BAMYA	8 682	10 114
BEZELYE	14 640	7 512
KABAK	12 691	30 883
PATLICAN	38 468	93 535
KABUKSUZ FINDIK (STANDART EKSTRA)	1 624 347	925 533
KABUKSUZ FINDIK (STANDART 1)	39 804 021	33 256 643
İNCİR (STANDART EKSTRA)	13 112 429	11 432 702
İNCİR (STANDART 1)	14 794 941	15 061 118
ÇEKİRDEKSİZ ÜZÜM (EKSTRA, =<2 Kg AMBALAJLI)	7 123 242	8 317 072
ÇEKİRDEKSİZ ÜZÜM (1. SINIF, =< 2 Kg AMBALAJLI)	4 805 927	5 279 190
ÇEKİRDEKSİZ ÜZÜM (EKSTRA, >2 Kg AMBALAJLI)	159 476 739	169 467 616
ÇEKİRDEKSİZ ÜZÜM (1. SINIF, > 2 Kg AMBALAJLI)	16 835 214	17 463 391
ELMA (EKSTRA)	439 940	224 049
ELMA (1. SINIF)	288 809	330 112
ELMA(2. SINIF)	130 815	347 919
ELMA (ENDÜSTRİYEL)	510 635	352 924

Geçmişten günümüze birçok kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Kurutma yöntemlerini güneş enerjisiyle ya da başka kaynaklardan elde edilen ısıyla kurutma olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Ayrıca ürünlerdeki suyun uzaklaştırılması için gereken ısının ürüne taşınma yöntemine göre de “konveksiyon kurutma”, “kontakt kurutma” ve “radyasyon kurutma” olarak üçe ayrılır.

Son üründen istenen nitelikler, en az ürün zararı, nemi geri alma (rehidrasyon) yeteneği, ekonomik koşulların çeşitli ve farklı olmaları gibi faktörler; tasarım ve çalışma ilkeleri yönünden çeşitli tip kurutucuların ortaya çıkmasına neden olmuştur(Saldamlı ve Saldamlı 1990).

Güneş enerjisini kullanan kurutucular; sera (limonluk) tipi, termosifon tipi, tünel tipi, zorunlu hava akışlı ve entegre kurutuculardır. Diğer enerji kaynaklarını kullananlar

ise kabin tipi, tünel tipi, konveyör tipi, akışkan yatak tipi, sandık tipi, püskürtmeli tip, valsli tip, puf (kabarık) yapı tipi, ozmotik dehidrasyonlu kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, dondurarak kurutma yapan kurutucular ve vakumlu kurutuculardır (Işık ve Alibaş 2000, Cemeroğlu ve ark. 2003).

Vakumlu kurutma, ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde kurutma düşük sıcaklıklarda (100 °C'nin altında) vakum altında yapıldığı için aroma değişikliği ve diğer ısı zararları söz konusu değildir (Saldamlı ve Saldamlı 1990).

Vakumlu kurutucuyu oluşturan ana elemanlar; vakum pompası, vakum hücresi ve kondenserdir. Vakumla kurutma sistemleri, pahalı sistemlerdir. Bu yüzden kurutma sanayinde yaygınlaşmamışlardır. Kurutma maliyetlerinin donmalı kurutmaya yakın olması nedeniyle ekonomik açıdan ancak pazar değeri yüksek olan ısıya duyarlı ürünlerin kurutulması için düşünülebilir (Yağcıoğlu 1999).

Vakumlu kurutmada, kurutma ortamında az miktarda hava bulunduğundan oksitlenmenin önüne büyük oranda geçilmektedir. Ayrıca ürün yüzeyinde sert bir kabuk tabakası oluşmayacağı için nem difüzyonu ürün kuruyana kadar engellenmeden devam etmektedir.

Vakumla kurutulmuş ürünler genellikle içi gözenekli, süngersi (puf) bir yapı kazanır. Bu yapı, kuru ürünün suyu bünyesine geri alması sırasında ıslanma yüzeyini arttırarak önemli bir avantaj sağlar (Yağcıoğlu 1999).

Bu çalışmada vakumlu kurutma yöntemi kullanılarak havuç, elma ve maydanoz kurutulmuştur. Belirtilen ürünlerin kurutma parametreleri belirlenmiştir. Aynı ürünler fanlı fırında ve açık havada da kurutularak 3 kurutma yöntemi, kurutma özellikleri ve enerji tüketimi yönünden karşılaştırılmıştır.

Serin iklim sebzesi olan havuç, ülkemizde önemli miktarlarda üretilip tüketilen bir sebzedir. Ülkemiz havucun anavatanıdır. Buda havucun Anadolu insanınca eskiden beri iyi tanınıp, değerlendirilmesine imkan vermiştir. Dünya ülkelerinde havuç her mevsim tüketilirken, ülkemizde kışlık sebze olarak üretilip tüketilmektedir (Vural ve ark. 2000).

Havuç en çok karoten içeren sebzedir. Kurutulmuş havuçlar, hazır çorbaların ve yiyeceklerin malzemesi olarak kullanılmaktadırlar.

Ilıman iklim meyvesi olan elma, yumuşak çekirdekli meyve türleri arasında en çok tüketilen ve insan sağlığı açısından önemli bir meyvedir. Türkiye’de kişi başına elma tüketiminin 30 kg dolayında olduğu tahmin edilmektedir(Soylu 2003).

Elmanın bileşimine ilişkin bazı değerler çizelge 4 ve 5’te verilmiştir.

Çizelge 4. Elmanın genel kimyasal bileşimi(100 g yenilebilir kısımdaki miktar) (Soylu 2003).

MADDE ADI	MİKTARI
SU (%)	84.8
KALORİ (Kcal)	56.0
PROTEİN (g)	0.2
YAĞ (g)	0.6
KARBONHİDRATLAR (g)	14.1
VİTAMİN A (IU)	90.0
THİAMİN B ₁ (mg)	0.03
RİBOFLAVİN B ₂ (mg)	0.02
NİACİN (mg)	0.01
VİTAMİN C (mg)	7
KALSİYUM (mg)	7
FOSFOR (mg)	10
DEMİR (mg)	0.3
SODYUM (mg)	1.0
POTASYUM (mg)	110.0

Çizelge 5. Elma ve elma ürünlerinin yaklaşık kompozisyonları(Çelik 1999).

ÜRÜN	SU (%)	ENERJİ (Kcal/100 g)	PROTEİN	YAĞ (%)	KARBONHİDRAT (%)	LİF (%)	KÜL (%)
Taze elma	83.93	59	0.19	0.36	15.25	0.77	0.26
Taze elma (Kabuksuz)	84.46	57	0.15	0.31	14.84	0.54	0.24
Kurutulmuş elma	3.00	346	1.32	0.58	93.53	4.09	1.57

Kurutulmuş elma elde etmek için; hammaddenin aşırı olgun, sert ve az sulu, esmerleşmeye dirençli ve suda çözünen toplam kuru maddesinin yüksek olması gerekir. Bu özelliklere en uygun elma çeşitleri: Golden Delicious, Kome, Granny Smith ve Norther Spy türleridir(Çelik 1999).

Bu çalışmada Golden Delicious cinsi elma kullanılmıştır. Bu elma çeşidi Mart ayına kadar muhafaza edilebilir. Nemi yüksek olmazsa elmada buruşma görülür. Meyve eti yeşilimtırak, krem renkte, sıkı, gevrek, sulu, aromalı ve tatlıdır(Soylu 2003).

Maydanoz, kök ve yapraklarından yararlanmak amacıyla üretilen bir Akdeniz bitkisidir. Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de 12 ay boyunca bulunabilen,

E vitamini, provitamin A (beta karoten) ve C vitamini bakımından zengin, kokulu bir sebzedir. Toksinlerin vücuttan atılmasını sağlayan maydanoz, görme gücüne, kılcal damar sistemine, adrenal ve troid bezine olumlu yönde etkisi vardır(Vural ve ark. 2000).

Yetiştiriciliği M.Ö. 4000 yıllarına dayanır. 2000 yıldan fazla zamandır kültürü yapılmaktadır. Eski eserlerde Mısırlıların, Romalıların ve Yunanlıların maydanozu hoş kokusu nedeniyle ürettikleri, tıbbi ve baharat bitkisi olarak kullandıkları bildirilmektedir. Günümüzde kültür sebzesi olarak üretilip tüketilmektedir(Vural ve ark. 2000).

Kurutulmuş maydanoz gıda sanayinde kurutulmuş ve konserve şeklindeki hazır gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Bazı sebzelerden 1 kg kuru ürün elde etmek için gerekli yaş sebze ağırlıkları çizelge 6'da verilmiştir(Anonim 2005).

Çizelge 6. Bazı sebzelerden 1 kg kuru ürün elde etmek için gerekli yaş sebze ağırlıkları (Anonim 2005).

ÜRÜN İSMİ	1 KG KURU ÜRÜN ELDESİ İÇİN GEREKLİ YAŞ SEBZE KARŞILIĞI (Kg)
Alaca Biber	18
Bamya	10
Brokoli	15
Dereotu	14
Domates	40
Havuç	14
Ispanak	16
Kabak	20
Karnabahar	15
Kereviz kök	15
Kereviz yaprak	15
Kırmızı tatlı biber	18
Lahana	15
Maydanoz	16
Patlıcan	15
Pırasa	13
Soğan	17
Yeşil biber	22
Yeşil fasulye	8

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Konu ile ilgili literatürler yazar soyadı sırasına göre dizilerek özetlenmiştir.

Akyıldız (1999) 1x1x2 m boyutlarında tepsili hava akımlı laboratuvar tipi kurutucuda, Çukurova Üniversitesi, Pozantı Araştırma Merkezi'nde yetiştirilen Amasya, Golden Delicious ve Starkimson Delicious çeşit 1,6 mm kalınlığındaki elmaları farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış kükürt dioksit, eritorbik asit, askorbik asit ve bunların sitrik asit katkılı çözeltilerine batırdıktan sonra kurutmuştur. Kurutma 75 °C ± 2 °C'de yaklaşık 5 saat sürmüştür. Dış ortamın, kurutucunun, bacanın sıcaklık ve nem ölçümleri 30 dakikada bir yapılmıştır.

Tüm elma kitlesinden elde edilen kuru elma cipsi verimi Golden çeşidinde %12.08, Starkimson'da %10.80 ve Amasya'da %10.37'dir. Göbeği çıkarılmış taze elma dilimlerine göre yapılan hesaplamalarda ise sırasıyla %15.62, %14.68, %14.51'dir. Cipslerin ortalama kırılma değeri incelendiğinde ise Amasya çeşidi en gevrek olanıdır. Bunu Golden ve Starkimson takip etmiştir. Starkimson kırılma değeri en dayanıklı cins olmuştur. Çeşitler arasında esmerleşmeye karşı en dayanıklı tip Golden'dir. Parlaklık değerini gösteren en yüksek Hunter L değerlerine Golden cinsi elmalar sahip olmuştur. Bunu Amasya ve Starkimson takip etmiştir.

Özkan ve Işık (2001), mikrodalga ile kurutma ve sıcak hava ile kurutmanın kombinasyonunu kullanarak kayısıyı ve kirazı kurutmuşlardır. %82.8 neme sahip kayısılar %12.7 nem değerine kadar 32 dakika 6 mikrodalga kademesinde, sonraki 13 dakika ise 100 °C'ye ısıtılmış fanlı fırında kurutulmuştur. %86.5 neme sahip kayısılar %13.2 nem değerine kadar 40 dakika mikrodalga ile, sonraki 10 dakika ise fanlı fırında kurutulmuştur. Kurutma süreçleri sonunda materyallerin renk, koku, tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri gözlenmiştir.

Beaudry ve ark. (2004) ozmotik dehidrasyonla kısmen kurutulmuş kırmızı yabanmersinlerini düşük miktarda su içerene kadar sıcak havayla, mikrodalgalı konveksiyonel kurutmayla, dondurarak kurutmayla ve vakumla kurutmuşlardır. Duyusal analiz (görünüş ve tat), yapı, renk, su aktivitesi ve nemi geri alma oranı dahil kalite değerlendirmesi bütün örneklerde yapılmıştır. Sıcak havayla kurutulan yabanmersinleri en iyi görünüşe, dondurarak kurutulan yabanmersinleri de en yüksek nemi geri alma oranına sahip olmuşlardır. Nemi geri alma oranı diğer metotlarla yapılan kurutmalarda

da aynı olmuştur. Renk ölçümleri ve su aktivitesi bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çelik (1999) çalışmasında tepsili tünel kurutucu ile elma kurutmuştur. Başlangıç nem içerikleri belirlenen 10x10x20 veya 5x5x20 mm boyutlarındaki elmalar 200 g ağırlığında olacak şekilde tepsilere dizilmiş ve yapılan deneyler sonucunda 45, 55, 65, 75, 85 °C giriş sıcaklıkları arasından en uygun bulunan 65°C sıcaklığındaki hava ortama yollanmıştır. Tüm sıcaklıklarda hava debisi ve hava hızı sabit tutulmuştur. Ayrıca en uygun elma dış yüzey sıcaklığı 35–45 °C bulunmuştur. Sonuç olarak 65 °C'den yüksek giriş havası sıcaklıklarında ve 45 °C'den fazla elma dış yüzeyi sıcaklıklarında elmanın dış görünüşü ve tadının bozulduğu gözlenmiştir. 65 °C'den düşük giriş havası sıcaklıklarında ve 35 °C'den düşük elma dış yüzeyi sıcaklıklarında elmanın kuruma zamanı çok artmaktadır. Elmanın kabuklarının soyulması kurutma zamanının kısalmasını sağlar. Elma dilimlerinin boyutları küçüldükçe kuruma süresi de azalmaktadır. İnce, ufak, nemli bir parçacığın kuruma oranı, parçacığın kalınlığının karesiyle ters orantılıdır. Bu nedenle kalınlığın ½ oranında azalmasıyla kuruma oranı 4 katına çıkmaktadır.

Çevik ve Bilişli (2001) 9 farklı erik çeşidini kabin tipi kurutucuda %60 nem ortamında ve 70 °C'yi geçmeyen sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Kurutma işlemi uygulanan örneklerde %76 vitamin C kaybı, %68 oranında da renk kaybı meydana geldiği görülmüştür. Dilim halinde kurutulan erik çeşitlerinden Tuleu Timpuriu ve Prune, bütün olarak kurutulan Krikon Damson ve Giant çeşitleri kurutmaya uygun bulunmuşlardır.

Drouzas ve Schubert (1996), muz dilimlerinin mikrodalgalı vakumla kurutulmasını incelemişlerdir. Bu kurutma yönteminin, klasik kurutma yöntemlerinde karşılaşılan yüksek sıcaklıklardan ürünü korumak için tercih edilebileceği belirtilmiştir.

Ergüneş ve Yağcıoğlu (1991), çekirdeksiz kuru üzümü 55, 60, 65 ve 70 °C kurutma havası sıcaklıklarında; 0.3, 0.5, 1.0 ve 2.0 m/s hava hızlarında ön işlemsiz ve potasyum karbonat(K₂CO₃) + zeytinyağı çözeltisine bandırarak kurutmuşlardır. Hava hızı ve sıcaklık arttıkça kuruma hızı da yükselmiştir. Tüm sıcaklık ve hız değerleri için bandırma işlemi, kuruma süresini yaklaşık yarıya indirmiştir.

Ertekin ve ark. (2001) inciri laboratuvar tipi kurutucuda, sıcaklığı 40, 50, 60, 70, 80 °C, oransal nemi %15, 30, 45 ve hızı 0.1, 0.5 ve 1.0 m/s olan hava ile kurutmuşlardır.

Parametrelerin kuruma karakteristikleri ve kuruma süresine etkileri ve azalan kuruma hızı evresinde ürün nemindeki değişimi açıklamak için Newton ve Page modeli ile deneyler karşılaştırılmış ve parametrelerin modellerdeki katsayılarına etkileri incelenmiştir. Kurutma işleminin herhangi bir anındaki nem içeriği Page modeli ile farklı kurutma koşulları için belirlenen katsayıların kullanılması ile 0.901–0.998 arasında değişen regresyon katsayıları (R^2) değerleri ile tahmin edilmektedir. En kısa kurutma süresi ise 0.5 m/s hava hızında elde edilmiştir.

Ganjyal ve ark. (2003) ana yurdu Orta ve Kuzey Amerika olan, Güney Meksika ve Orta Amerika’da en iyi tropikal meyvelerden biri olan Sapota’yı (*Achras zapota*, cv, *Kalipatti*) sıcak hava ve vakum fırınında kurutmuşlardır. Sapota meyvesi, Hindistan’ın Raichur kampüsü, Tarım Koleji meyve bahçelerinden ilk nem içeriği yaş baza göre %72–78 iken hasat edilmiştir. Olgunlaşmış meyvelerin dış kabukları, iç kısma zarar vermeden elle soyulmuştur. Yarım, çeyrek ve 5 mm’lik dilimlere bölünen meyveler, 300’er g olarak tartılmış, kurutma öncesinde fungal saldırılardan korunmak ve kurutulmuş ürünün rengini korumak için önce 3 dakika %1’lik potasyum metabisülfat solüsyonuna batırılmış, süzölmüş, kurutulmuş, daha sonrada 1–2 dakika süflitlenmiştir.

Örnekler, vakum fırınında 25 mmHg ve 55, 60, 65 ve 70 °C sıcaklıklarda, kurutulmuştur. Sıcaklıktaki artış ve örnek büyüklüğündeki azalma ile kurutma daha hızlanmaktadır. Yaş baza göre ürünün denge nemi %4.5–6.0’a düşürülürken geçen süre, sıcak hava fırınında kurutmada, vakum fırınında kurutmaya göre 3 ile 5 saat daha uzun olmuştur. Vakum fırınında kurutma ile %10–15 zaman kazancı sağlanmıştır. Yarım olarak dilimlenmiş olan örnek için 55 °C’de sıcak hava ile kurutma süresinin yaklaşık 35 saat olduğu göz önüne alındığında bu kazancın önemli olduğu belirtilmiştir. Tek düze nem dağılımı ve hızlı kurutma sağlanabilmesi için sapota meyvesinin yarım ya da çeyrek değil, dilimler halinde kurutulmasının daha uygun olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak vakumla kurutmanın, sıcak havayla kurutmaya göre sapota meyvesi için daha uygun olduğu bildirilmiştir.

Jaya ve Das (2003) mango pulpunu vakumla kurutmuşlardır. Kurutmada 30–50 mmHg mutlak basınç, 2, 3, 4 mm pulp kalınlığı ve 65, 70, 75 °C vakum odası levha sıcaklığı değerleri dikkate alınmıştır. Mango tozundan yapılan pulpun renk değişimi, levha sıcaklığından çok pulp kalınlığına bağlı olmuştur. Renk değişiminin az

olması için vakumlu kurutmada, vakum odası levha sıcaklığının 72.3 °C ve pulp kalınlığının da maksimum 2.6 mm olması gerektiği belirtilmiştir.

Jaya ve Das (2004) mango pulunun vakumla kurutulmasında; maltodekstrin, gliserol monostearin ve trikalsiyum fosfatın kurutulan mango tozu özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Sistemde istenen 710–730 mmHg vakumu (30–50 mmHg mutlak basıncı) yaratmak için 3.7 kW, 0.0236 m³ s⁻¹ kapasiteli sulu vakum pompası kullanılmıştır. Yapışma derecesi, akıcılık, renk gibi özellikler dikkate alınarak optimum besleme bileşimi, 1 kg katı mangoya 0.43–0.57 kg maltodekstrin karıştırılması ile elde edilmiştir. Trikalsiyum fosfat ve gliserol monostearin için en uygun koşul ise 1 kg katı mango başına 0.015 kg olmuştur.

Krokida ve ark. (2001) elma, muz, havuç ve patatesi 5 farklı yöntemle kurutmuşlar ve kurutmanın renk üzerine etkilerini incelemişlerdir. Elma, muz, havuç patates gibi bazı bitki dokuları, kurutulmaları ve daha sonraki depolama süresince yaygın olarak esmerleşme göstermişlerdir. Kükürdioksidin, taze sebze ve meyvelerde enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme için iyi bir renk koruyucu olduğu vurgulanmış, ancak insan sağlığı için gıdalarda kullanılmadığı belirtilmiştir.

Taze elma, muz, havuç ve patatesler, 20 mm çapında ve 10 mm uzunluğunda kesilmiştir. Hava ile kurutmada, kurutma sıcaklığı 70 ± 0.2 °C ve havanın nispi nemi %7 ve basınç 1 bar ± %3'tür. Vakumlu kurutmada, sıcaklık 70 ± 0.2 °C ve basınç 33 mbar ± %3'tür. Mikrodalga ile kurutma atmosfer basıncında, 810 W gücünde yapılmıştır. Dondurarak kurutmada, materyaller 20 mm çapında ve 8 mm uzunluğunda kesilmiştir. Materyaller 48 saat -35 °C'de dondurulmuş, 1 saat sıvı azotta yumuşatılmış ve laboratuvar tipi dondurarak kurutucuda 24 saat kurutulmuştur. Dondurarak kurutmada yüksek vakum (0.04 mbar) uygulanmıştır.

Elma ve muz, ozmotik kurutma uygulaması için kullanılmıştır. Elmalar 8 mm çapında ve 30 mm uzunluğunda, muzlar 20 mm kalınlığında ve 8 mm uzunluğunda kesilmişlerdir. Ürünler tartıldıktan sonra, sakkaroz çözeltisine batırılmıştır. 10 saat sonra, ozmotik olarak kurutulan ürünler, 70 °C'de sıcak hava fırınında kurutulmuşlardır.

Havayla, mikrodalgayla ve vakumla kurutulmuş ürünler önemli derecede esmerleşmeye maruz kalmışlardır. Dondurarak ve ozmotik kurutmada ürünler renklerini zarar görmeden korumuşlardır.

Kwok ve ark. (2004) saskatoon berry meyvesini dondurarak kurutma (FD), vakumlu mikrodalga kurutma (VMD), hava ile kurutma (AD) ve AD ve VMD'nin kombinasyonu olan CD yöntemiyle kurutmuşlardır. Diğer kurutma yöntemleri, tazeyken dondurulmuş meyveler ile karşılaştırıldığında, diğer yöntemlerde toplam fenol ve antosiyanin içeriği önemli derecede azalmıştır, ayrıca antioksidant aktivitesi de azalmıştır. FD ile kurutulanlar en yüksek antosiyanin ve antioksidant aktivite seviyelerini göstermiştir, bunu VMD takip etmiştir. CD kurutma VMD ile AD'nin ortalaması şeklinde sonuç vermiştir.

Mengeş (2001) Konya Bölgesi'nde yetiştirilen vişne ve kayısıları 60 °C, 70 °C ve 80 °C'de 1.0 m/s, 2.0 m/s ve 3.0 m/s hava hızlarında kurutmuştur. Hava sıcaklığının ve hava hızının kuruma hızı üzerine etkileri belirlenmiş ve deneme materyali olan vişne ve kayısının, sırasıyla, kuruma sabiti(k) 0.097–0.834 ve 0.273–1.264 olarak bulunmuştur.

Mengeş ve ark. (2004) Golden Delicious elma çeşidinin laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmasında belirli bir andaki nem içeriğini belirlemek amacıyla çeşitli istatistiksel modeller kullanmış ve karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre Midilli ve ark. modelinin elmanın kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir. En düşük istatistiksel veriler Midilli ve ark. modeli ile farklı çalışma koşullarına ait özel a, k, n ve b katsayıların ile elde edilmiştir. Modelleme yeterliliğindeki korelasyon katsayısı 0.99994 ile 0.99972 arasında değişmiştir.

Methakhup ve ark. (2005), Güneydoğu Asya'ya özgü vitamin C bakımından zengin olan ve çaya benzer ürün elde edilmesinde kullanılan Hindistan gooseberry (*Phyllanthus emblica linn*) meyvesini vakumla ve düşük basınçlı buharla kurutmuşlardır. Bu çalışmanın amacı iki yöntemle de kurutulan Hindistan gooseberry parçacıklarının kurutma kinetiklerini ve kalite parametrelerini belirlemektir. Yerel bir marketten alınıp, 5 °C'de saklanan taze meyvelerin tohumları çıkartıldıktan sonra, etli kısımları küçük parçalara bölünmüş ve parçalayıcıdan geçirilmiştir. Daha sonra 40'ar gramlık örnekler vakumlu ya da düşük basınçlı ısıtılmış buharlı kurutucuda 65 ve 75 °C'de 7, 10 ve 13 kPa mutlak basınçta nemleri %7.5 olana kadar kurutulmuşlardır. Kurutulan materyalin kütlesi 10 dakikada bir ölçülerek kaydedilmiştir. Nem değeri siyah çay gibi benzer ürünlere göre belirlenmiştir.

65 °C’de, sırasıyla 7, 10 ve 13 kPa mutlak basınçta denge nem içeriği kuru baza göre %5.7–4.2 olana kadar geçen süre sırasıyla 200, 210 ve 230 dakikadır.

75 °C’de, aynı basınçlarda denge nem içeriği kuru baza göre %3.8–2.4’e erişene kadar 65 °C’ye göre kurutma zamanı yaklaşık %20 azalarak 160, 170 ve 190 dakika olmuştur.

Vakumla kurutmada 7 kPa mutlak basınçta ve 65 °C’de en iyi renk korunumu sağlanmıştır. Vakumla kurutmada, renk değişikliğinin ana nedeni, klorofil azalması, maillard reaksiyonu ve oksijen ve ışıktan kaynaklanan askorbik oksidasyonudur. 65 °C, 10 ve 13 kPa mutlak basınç ve 75 °C’de kurutma arasında önemli bir farklılık olmamıştır.

Bu çalışma sonucunda vakumla kurutmanın düşük basınçlı ısıtılmış buharlı kurutmaya göre daha kısa sürdüğü belirlenmiştir. Askorbik asit ve renk muhafazası düşük basınçlı buharlı kurutmada daha iyi olmuştur. Vakumlu kurutma içerisinde en yüksek askorbik asit ve renk muhafazası ile en kısa kurutma süresine göre yapılan değerlendirmede Hindistan gooseberry meyvesinin kurutulması için en uygun vakumlu kurutma yönteminin 7 kPa mutlak basınçta, 75 °C’de yapılan kurutma olduğu belirlenmiştir.

Sham ve ark. (2001), kalsiyum ön işleminin, vakum düzeyinin ve elma cinsinin; hava ile ve vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş elma krakerlerinin yapısı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yerel marketlerden satın alınan Golden Delicious, Red Delicious ve Fuji cinsi elmalar örnek miktarı 1 kg olacak şekilde tartılmış, yıkanmış, 4 mm kalınlığında dilimlenmiş, 2 dakika buharda haşlanmıştır. Elma dilimleri nem içeriği kuru baza göre %5 olana kadar 70 °C’de, yaklaşık 3.5 saat, hava akış hızı 1.1 m³/dk olan hava ile bantlı kurutucuda kurutulmuştur. Dondurarak kurutma, 100 µmHg vakum altında, oda sıcaklığı 20 °C’de, kondenser sıcaklığı –55 °C’de 10.5 saat kurutulmuştur. Vakumlu mikrodalga ile kurutmada yüksek vakum uygulaması yoğunluğu düşürmüş ve gevrekliği arttırmıştır. Ayrıca Fuji cinsi elmaların, Red ve Golden Delicious cinsi elmalara göre daha yüksek kalsiyum içeriğine ve gevrekliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Sunjka ve ark. (2004) mekanik olarak ve ozmotik olarak ön işlem görmüş yabancınlarını mikrodalga-vakum ve mikrodalga-hava ile kurutmuşlardır. Mikrodalga-vakum kurutma, mikrodalga-hava kurutma ile karşılaştırıldığında

gözlemlenen tüm parametrelerde birincisinde daha olumlu değerler elde edilmiştir. Mikrodalgalı-vakumlu kurutmanın enerji verimi, mikrodalga-hava kurutmaya göre daha fazladır.

Yongsawatdigul ve Gunasekaran (1996) yaptıkları çalışmanın birinci bölümünde mikrodalgalı vakumla kurutulmuş kırmızı yabanmersinlerinin, renk, yapı ve su aktivitesini belirlemişler ve sıcak hava ile kurutulmuş olanlarla karşılaştırmışlardır. Mikrodalgalı vakumla kurutulmuş olanların renginin daha kırmızı ve daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir.

Yongsawatdigul ve Gunasekaran (1996) çalışmalarının ikinci bölümünde kırmızı yabanmersininin mikrodalgalı vakumla kurutulmasını enerji ve verim açısından incelemişlerdir. Kurutma, laboratuvar tipi mikrodalgalı vakumlu fırında, sürekli ya da kesikli olarak yaş baza göre son nem içeriği %15 olana kadar yapılmıştır. Sürekli kurutma iki mikrodalga gücünde (250, 500 W) ve iki mutlak basınçta (5.33, 10.67 kPa), kesikli kurutma ise 250 W gücünde 5.33 ve 10.67 kPa basınçta yapılmıştır. Kesikli kurutmanın, sürekli kurutmaya göre enerji açısından daha verimli olduğu belirtilmiştir. Her iki yöntemde de düşük basıncın, kurutma verimini artırdığı vurgulanmıştır.

Özkan ve Işık (2001) %88.12 nem değerine sahip domatesi maksimum ayarda 30 dakika fanlı fırında, sonra sırasıyla 90 W mikrodalga kademesinde 6 dakika, 160 W mikrodalga kademesinde 10 dakika, 350 W mikrodalga kademesinde 5 dakika, 500 W mikrodalga kademesinde 5 dakika, 650 W mikrodalga kademesinde 9 dakika olmak üzere toplam 65 dakikalık kurutma periyodu ile sıcak havayla kurutmuşlardır. Fanlı fırında kurutmada materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 24 °C, 30. dakikada 160 °C'dir. Mikrodalga kurutma periyodunun başladığı 31. dakikada 166 °C, 65. dakikanın sonunda ise 393 °C'dir. Kurutma sonunda domateslerin renk, koku, tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri gözlenmiştir.

Alves ve Silveira (2002) bir ürünü daha dirençli hale getirmek ve saklanmasını kolaylaştırmak amacıyla çalışmalar yapmıştır. Bunun için domates ozmotik ve ozmotik olmayacak şekilde vakumlu kurutucu ve havalı kurutucu kullanılarak, çeşitli sıcaklık, hava hızlarında ve vakum basıncında kurutulmuştur. Sonuçlar domatesin ozmotik dehidrasyonunun ve farklı kurutuculardan etkilenen kurutma işleminin, son ürüne etkisinin önemli olduğunu göstermiştir.

Chun Yu ve ark. (2004) yenilebilir mantardan (*Auricularia auricula*) kaliteli toz elde etmek için klasik mekanik metot ve vakumla dondurarak kurutma teknolojisiyle mekanik metodu birleştirerek kullanmışlardır. İşlenmemiş yenilebilir mantarın ve toz haldeki mantarın temel besleyici madde içeriği, aminoasit içeriği ve mikrostrüktürü analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Mantar tozunun ortalama taneciklilik boyutu mekanik metotla 1–5 µm, vakumla dondurarak kurutmaya birleştirilmiş mekanik metotla 0,5–1 µm elde edilmiştir. İşlenmemiş yenilebilir mantara göre iki metotla da elde edilen tozların suyu geri alma kapasiteleri ve kaliteleri daha iyi ve saklama süreleri daha uzun olmuştur. Klasik mekanik metoda göre, vakumla dondurarak kurutma teknolojisiyle elde edilen yenilebilir mantar tozlarının bütün özellikleri daha üstün bulunmuştur.

Cui ve ark. (2004) havuç dilimlerini mikrodalgalı vakumla kurutmuşlar ve teorik bir model geliştirmişlerdir. 3–5 mm olarak dilimlenen havuçlar; 336.5, 267.5, 162.8 W mikrodalga güçlerinde ve 30, 51, 71 mbar vakum altında kurutulmuşlardır. Teorik ve deneysel veriler, kurutma oranının mikrodalga çıkış gücü ile doğrusal ve o andaki suyun vakum basıncının, buharlaşmanın gizli ısı ile ters orantılı olduğunu belirlemişlerdir.

Erbaş ve Certel (1999) yaptıkları çalışmada domates, kırmızıbiber, soğan, maydanoz ve naneyi kurutma kabinde sıcak havayla kurutmuşlardır. Her ürün için elde edilen verilere bağlı olarak regresyon analizi uygulanmış, ilgili bağıntılar ve korelasyon katsayıları tespit edilmiştir.

Ergüneş ve Özgöz (1995) fasulye, biber ve soğanı sera içinde ve dış ortamda kurutmuşlardır. Sera içerisinde ve kıyılarak kurutulan ürünlerin kuruma süreleri, dış ortamda kurutulanlara göre daha kısadır. Sera içinde kurutulan ürünlerin nemi geri alma yeteneği daha iyi bulunmuştur.

Ertekin ve Yıldız (2001) laboratuvar tipi kurutucuda 30 °C ile 70 °C arasındaki kurutma havası sıcaklıklarında ve 0.5 m/s, 1.0 m/s ve 2 m/s hava hızlarında patlıcanı kurutarak, kuruma süresinin belirli bir anında ürünün nem içeriğini belirlemek için çeşitli istatistiksel modeller uygulanmış ve patlıcanın kuruma davranışını en iyi açıklayan modelin Page modeli olduğu belirlenmiştir.

Fu (2004), 60 °C'de sıcak havayla, 35 °C'de vakumla ve 35 °C'de liofilizasyonla kurutulmuş soğan tozunun, her üç yöntemde metanol ekstraktında kurutulmasında, kuersetin bileşimine ve sonraki antioksidatif değişim üzerine etkilerini

araştırmıştır. Sıcak havayla kurutulmuş soğanda, diğer yöntemlere göre DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) ve peroksit radikallerinin temizleme aktivitesi daha yüksek bulunmuştur. Yüksek performanslı sıvı kromatograf (HPLC) analizleri, dondurarak ve vakumla kurutulmuş soğanların daha fazla kuersetin glikozid içerdiklerini göstermiştir, oysa sıcak havayla kurutulmuş soğanlarda aglikon baskın olmaktadır.

Koyuncu ve Pınar (2001) doğal akışlı güneşli kabine tip bir kurutucuda kırmızıbiberi kurutmuşlardır. Kurutucu, çevre koşullarının ürün üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmış ve kaliteyi yükseltmiştir. Ayrıca 1 kg ürünün kurutulması için gerekli süre 3.5 saatten 1.28 saate düşürülmüştür.

Lin ve ark. (1998) nemi geri kazanma, renk, yoğunluk, besin değeri ve yapı özellikleri bakımından, vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş havuç dilimlerini, havayla ve dondurarak kurutulmuş havuç dilimleri ile karşılaştırmışlardır. Ön işlem olarak havuçlar (*Daucus carota*) kurutulmadan önce yıkanmış, kabuğu soyulmuş, 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ve suda 90 °C'de 7dakika haşlanmıştır. Kurutucu olarak nominal 4 kW, değişken güçlü vakumlu mikrodalgalı kurutucu kullanılmıştır. Vakumlu mikrodalga ile kurutmada, örnekler en son %10 neme sahip olana kadar sırasıyla 3 kW mikrodalga gücünde 19 dakika, 1.0 kW mikrodalga gücünde 4 dakika ve 0.5 kW mikrodalga gücünde 10 dakika 100 mmHg sabit vakum uygulanmıştır. Sıcak hava ile kurutma 70 °C'de ve dondurarak kurutma ise 1.6 mm Hg'da 20 °C'de ve kondansatör sıcaklığı -55 °C'de yapılmıştır.

Vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş havuç dilimleri, havayla kurutulmuş olanlara göre daha yüksek nemi geri alma potansiyeline, α - karotene'e ve vitamin C içeriğine, daha düşük yoğunluğa ve daha yumuşak bir yapıya sahiptir. En az renk kaybı vakumlu mikrodalga ile kurutma uygulandığında ortaya çıkmıştır. Her ne kadar dondurarak kurutulmuş havuç dilimleri; nemi geri alma potansiyeli, görünüş, besin değeri açısından gelişmiş ürün eldesi sağlasa da, ürünün kuru ve nemi geri almış durumunda, vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş havuç dilimleri örneklerindeki renk, yapı, lezzet ve diğer bütün özellik oranları dondurarak kurutmadakilerle aynı ya da daha iyidir. Üstelik vakumlu mikrodalga ile kurutulan havuç dilimleri sahip oldukları eşsiz kabarık yapı ile duyuşal panelistler tarafından tercih edilmiştir ve bu da çerez tipi ürünleri geliştirmek için istenilen bir özelliktir.

Litvin ve ark. (1998) havuç dilimlerini, dondurarak kurutmanın; kısa süreli mikrodalga uygulaması ve hava ya da vakumlu kurutma ile birleştirilmesiyle kurutmuşlardır. Havuçlar elle soyulmuş, laboratuvar tipi dilimleyicide 7–10 mm kalınlığında dilimlenmiş, 1 dakika süreyle buharla haşlanmış, akan su altında soğutulmuş, -18  C’de dondurulmuş ve daha sonraki işlemlere kadar -18  C’de depolanmıştır. Kısmen dondurarak kurutulmuş ürüne 50 saniye mikrodalga uygulanmış ve sonra %5’lik nem değerine kadar vakumla veya hava ile kurutulmuştur. Kısmen dondurarak kurutulmuş, mikrodalga uygulanmış ve havayla kurutulmuş ürünün rengi, boyutları ve nemi geri alma oranı, ulaşılan son nem değerine ve aynı kalite parametrelerine sahip dondurarak kurutulmuş ürünle aynıdır. Vakum fırınında yapılan son kurutmanın renk üzerine yararlı bazı etkileri vardır. Dondurarak kurutmanın, mikrodalga uygulamasını takiben havayla kurutma işlemiyle birleştirilmesi, dondurarak kurutma zamanında önemli bir kazanç sağlanmıştır. 3.5–3.75 saatlik kısmi dondurarak kurutmayı takiben kısa bir mikrodalga uygulaması ve 3.75 saatlik havayla kurutma olmak üzere toplam 7.25–7.50 saat sürerken sadece dondurarak kurutmada toplam kurutma süresi 30  C’de 9.5 saat surmektedir.

Madamba (2002) sıcak havayla kurutmada ürün olarak sarımsağı, vakumla kurutmada ise havucu seğmiştir. Vakumla havucun kurutulmasında en uygun koşullar 1.6 mm kalınlığındaki havuç dilimlerinin 10 kPa basınçta, 68  C’de kurutulmasıdır. Vakumla havucun kurutulmasında basınç, sıcaklık, dilim kalınlığı gibi bütün özellikler havucun son nem miktarını büyük oranda (%90 seviyelerinde) etkilemiştir. Ortalama kurutma oranı sadece ürün kalınlığından etkilenmiştir. Nemi geri alma oranı ve renk, bağımsız hiçbir parametre ve koşuldan etkilenmemiştir.

Teymur (1999) tarafından yapılan bir çalışmada maydanoz ve dereotu sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulmuştur. Kuru madde içeriği %16.6–21.7 olan maydanozlara önce 98  C’de 5 veya 15 saniye ısı şoku uygulanmıştır. Daha sonra 70  C’de suda 30 saniye haşlanmış ve 55  C’de kurutulmuşlardır. Yapılan ısıl işlemlerle, ürün bünyesindeki enzimler inaktive edilip, kalite değişimleri önlenmek istenmiştir. Fakat bu uygulamadan iyi sonuç alınamamıştır. Isıl işlemler renk değişimine neden olup, istenen kalite elde edilememiştir. Yani kurutma öncesinde maydanoza, enzimleri inaktive edebilmek için ısıl işlem uygulanmasına gerek olmadığını bildirmiştir. Maydanozlar her iki sistemde de 40, 45, 50, 55, 60 ve 70  C sıcaklıklarında kurutulmuştur. Sıcak hava ile

yapılan kurutma denemelerinde sıcaklığın artmasıyla kuruma süresinin kısaldığı, 30 °C'lik sıcaklık artışının kurutma süresini %237.5 kısalttığı belirtilmiştir. Mikrodalga kurutmanın sıcak havaya göre 45 °C'de kurutma süresini %877 azalttığı bildirilmiştir.

Tuğrul ve ark. (2001) dereotunu kabin ve mikrodalga kurutucular ile kurutmuşlardır. Her iki sistemde de kurutma havası sıcaklıkları 40–70 °C'dir. Mikrodalga kurutma, kabin kurutmaya göre çok daha kısa sürmüştür. Her iki yöntemde de yüksek sıcaklıklarda (<70 °C) çalışmanın, parlaklık ve renk kalitesinin korunması açısından avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Wei ve ark. (2004) bu çalışmalarında yeşil ve yüksek karotenoidli sebzelerden Chinese chive yapraklarını ve havuç dilimlerini mikrodalgalı vakumlu kurutma ve mikrodalgalı vakumlu kurutmanın hava ve vakumlu kurutma ile birleştirilmiş hali ile kurutmuşlardır. Örnekler, nem içeriği yaklaşık %20 (yaş baz) olana kadar mikrodalgalı vakumla ve sonra nem değeri yaklaşık %6 olana kadar 45–50 °C'de hava ile ve 55–60 °C'de vakumlu kurutma ile ve düşük güç seviyelerinde sürekli mikrodalgalı vakumlu kurutma sistemiyle kurutulmuşlardır. Havuç dilimlerinin karoten muhafazası, Chinese chive yapraklarının klorofil muhafazası hesaplanmış ve dondurarak kurutma ve sıcak hava ile karşılaştırılmıştır. Tüm yöntemlerde karoten ve klorofil muhafazası birbirine çok yakın bulunmuştur. Dondurarak kurutmada, sıcak hava ile kurutulanlardan daha iyi sonuç alınmıştır. Mikrodalgalı vakumlu kurutma ve vakumlu kurutmanın, hava ve vakumlu kurutma ile kombinasyonunun kullanımlarında renk bozulmasından sorumlu enzim aktivitesi azalmasından ve mikrodalgalı vakumlu kurutmada da ortamda oksijen olmamasından dolayı haşlamanın gerekli olmadığını bildirmişlerdir.

Zhong ve Lima (2003) hiç işlem uygulanmamış taze patateslere oranla, patateslere ohmik ısıtma uygulamasının vakumla kurutma süresini arttırıp arttırmadığını belirlemişlerdir. Örneklerin ohmik olarak ısıtılmasında, 3 elektrik alan şiddeti; 50, 70, 90 V/cm ve 3 son sıcaklık değeri; 45, 60, 80 °C kullanılmıştır. Ohmik olarak ısıtılmış örnekler ve hiç işlem görmemiş örnekler, vakum basıncı 50×10^{-3} bar ve kondenser sıcaklığı -50 °C olan dondurarak kurutma cihazına konulmuştur. Ohmik olarak ısıtılmış patateslerin vakumla kurutulması, ısıtma yapılmayanlara oranla daha kısa sürmüştür. En kısa süre 60 °C ve 70 V/cm elektrik alan şiddetinde elde edilmiştir.

En düşük ohmik ısıtma bile vakumla kurutma zamanında önemli bir azalma (%22–24) sağlamıştır. Ohmik ısıtmanın vakumla kurutma süresini azalttığı belirtilmiştir.

Akbolat ve Yıldız (1991) mısır, soya, buğday ve nohuttan ikişer çeşit olmak üzere 8 farklı ürünün değişik sıcaklık ve bağıl nem koşullarında denge nemi içeriklerini belirleyerek sorpsiyon izotermelerini ve ürün çeşidi ve ürünlerin kimyasal bileşimlerinin denge nemine etkisini belirlemişlerdir. Ürünler arasında denge nemi açısından yapılan karşılaştırmalarda Panda çeşidi buğday en yüksek denge nemi içeriğine ulaşmıştır, bunu sırasıyla mısır, nohut ve soya izlemiştir. Yağ içeriği fazla olan ürünlerde daha düşük denge nemi elde edilmiştir. Sıcaklık artışıyla ürünlerin denge nem içerikleri biraz artmıştır fakat bunun literatürle uyuşmadığı belirtilmiştir.

Bozkurt ve Erkmen (2004) acı biber ezmesi yapımında, acı biber püresine istenen kıvamı verebilmek için 3 kurutma yöntemi kullanmışlardır. Birinci yöntemde 6-7 gün süreyle güneşte, ikinci yöntemde 97-98 °C'de fırında, üçüncü yöntemde de 70 °C'de 650 mmHg vakum altında döner vakumlu kurutucuda kurutulmuştur. Renk ve kalite yönünden en uygun acı biber ezmesi vakumlu kurutma tekniği ile elde edilmiştir.

Chin ve ark. (1996) bir çeşit sucuğu vakum altında (100 kPa) ve 3 sıcaklık değerinde (17, 19, 22 °C) kurutmuşlardır. Önceden dondurulmuş sığır ve domuz eti, tuz, dekstroz, baharat ve sodyum nitrat karışımından üretilen sucuk, vakumla kurutma için fermentasyon odasından alınmış ve 15–20 cm'lik parçalara bölünmüştür. 12 parça, laboratuvar tipi vakumlu kurutucuya konmuştur. Vakum odası günlük olarak gözlenmiştir ve örnekler nem/protein oranı 1.6/1 olana kadar, kimyasal bileşimlerinin ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için 3 günlük periyotlarla alınmıştır. Aynı şekilde hazırlanmış sucuklar hava ile 20 °C'de, %65 nemde, 18 gün boyunca kurutulmuş ve 3 günlük periyotlarla vakumla kurutulanlarla karşılaştırılmıştır.

Sıcaklığın vakumla kurutmada; kimyasal bileşime, pH'a, su aktivitesine, çap ve kırılma direnci üzerine bir farklılık yaratmadığı gözlenmiştir. Sucuğun nem içeriği azaldığında, yağ ve protein yüzdeleri artmıştır. Hava ile kurutulana göre yağ içeriği vakumla kurutulanda daha yüksek olmasına karşın, protein içeriği açısından bir farklılık bulunmamıştır.

Nem/protein oranı 1.6/1 olana kadar hava ile kurutma süresi 18 gün iken, vakumla kurutmada 17–22 °C arasında kurutma süresi 9 ila 12 gündür. Vakum uygulaması kurutma süresini kısaltmıştır. Kurutma sonunda son nem değeri vakum için

%4.54–4.58 arasında olmuştur. Hava ile kurutulanlarda ise nem %4.61'dir. pH değerleri içinde önemli bir fark söz konusu değildir. 12 günlük kurutma boyunca su aktivitesi açısından vakum ve hava arasında bir farklılık olmazken, 15 gün sonra vakumla kurutulmuş sucuklarda su aktivitesi hava ile kurutulanlara göre daha düşüktür. Nemdeki azalmayla orantılı olarak her uygulamada sucuğun çapı da azalmıştır. 12 günde, ilk çapı 50 mm olan sucuk hava ile kurutulduğunda çapı 46.2 mm'ye, vakumla kurutulduğunda 45.0 mm'ye düşmüştür. Kramer kesme kuvveti değerleri bütün uygulamalarda, kurutma süresi arttıkça artmıştır ve vakumla kurutulan örneklerde bu daha fazladır. 12 gün sonunda ağırlık kaybı vakumla kurutulanlarda toplam ağırlığın %20'sinden büyüktür, hava ile kurutulanlarda ise sadece %16'dır. Vakumla kurutulmuş sucuk, havayla kurutulana göre beyazlık açısından farklı değildir. Vakumla kurutulmuş sucukların Hunter a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri kontrol sucuklarına göre daha düşüktür.

Göçmen ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada güneşte kurutulmuş tarhana ile vakumla kurutulmuş tarhanadaki uçucu aroma maddelerine, kurutma metotlarının yaptığı etkileri araştırmışlardır. Vakumla kurutma toplam uçucu madde miktarını belli oranda düşürmüştür. Ancak, güneşte kurutulmuş tarhana ile karşılaştırıldığında vakumlu kurutmada daha fazla aktif aroma maddesi muhafaza edilmiştir. Vakumla kurutmada 41 aktif bileşen muhafaza edilirken, güneşte kurutmada sadece 23 tanesi muhafaza edilmiştir. Vakumla kurutmada toplamda 22 aktif aroma bileşeni daha yüksek oranlarda iken, güneşte kurutmada sadece 4 aktif aroma bileşeni daha yüksek oranda bulunmuştur.

Gürel ve Ergüneş (1997) siyah çayın işlenmesinde kurutma havasının, fırına giriş sıcaklığının, yaş çay serilme kalınlığının ve kurutma sürelerinin kalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Hava giriş sıcaklığı 80, 90 ve 115 °C, çayın serilme kalınlığı 2.5, 3 ve 3.5 cm'dir. Kurutma denemeleri sonucunda %3.3 nem miktarında, 95 °C fırın hava giriş sıcaklığında, 3 cm serilme kalınlığındaki 27 dakikalık kurutma en uygun koşul olarak bulunmuştur.

İbanoğlu ve Maskan (2001) pişmiş ve pişmemiş tarhana hamurunu 60, 70, 80 °C de ve 1, 3, 6 mm ürün kalınlıklarında kurutmuşlardır. Kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma hızlanmıştır. Ayrıca pişmiş tarhana hamuru, pişmemiş tarhana hamuruna göre daha hızlı kurumuştur. Her iki tarhana hamuru da sabit kuruma hızı evresi olmadan, azalan hız döneminde kurumuşlardır. Kurutma işlemleri sırasında belirtilen sıcaklık sınırları

arasında hamurdan ayrılan suyun difüzyon katsayıları Fick eşitliği ile 0.41×10^{-10} – $5.34 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak bulunmuştur.

Rahman ve ark. (2002) havayla, vakumla ve dondurarak kurutulan ton balığının gözenek karakteristiklerini incelemiştir. Hava ile kurutma $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, 1 m/s hava hızında ve %3.4 bağıl nemde, vakumla kurutma ise vakum fırınında $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ve 2 kPa 'dan küçük basınçlarda yapılmıştır. Dondurarak kurutmada balıklar en az 24 saat $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de dondurulmuştur. Kondenser levha sıcaklığı $-65 \text{ }^\circ\text{C}$, odanın levha sıcaklığı $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ve vakum 108 Pa 'dır. Taze ton balığının et kısmının hacim ağırlığı 1098 kg/m^3 , havayla, vakumla ve dondurarak kurutulmuş ton balığının hacim ağırlıkları ise sırasıyla 960 , 709 ve 317 kg/m^3 ölçülmüştür. Dondurarak kurutulmuş örneğin gözenekliliği hava ve vakumla kurutulmuş örnekler göre daha yüksek bulunmuştur.

Tsami ve ark. (1999) pektin–şeker jellerini dondurarak, mikrodalga ile, vakumla ve sıcak hava ile kurutmuşlardır. Vakumla kurutma, bir vakum fırınında, 25 mbar ve $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, 16 saat sürmüştür. Mikrodalga kurutma, atmosfer basıncında, 595 W gücünde, 30 dakika boyunca 10 – 15 saniye aralıklarla yapılmıştır. Hava ile kurutmada ise 1.5 dakikalık 595 W gücündeki mikrodalga ön işleminden sonra, örnekler 36 saat, $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de konveksiyonel kurutucuda kurutulmuşlardır. Dondurarak kurutmada, örnekler ön işlem olarak $-195.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki sıvı nitrojene 2 saat batırılmıştır. Daha sonra 0.04 mbar vakum altında, $30 \text{ }^\circ\text{C}$ kondenser sıcaklığında, 72 saat laboratuvar tipi dondurarak kurutucuda kurutulmuştur. Dondurarak kurutulmuş örnekler ve vakumla kurutulmuş örnekler daha düşük hacim ağırlığına ve daha yüksek gözenekliliğe sahiptir. Vakumla kurutulmuş ürünlerin parlaklığı daha iyidir. Nemi geri alma kapasitesindeki farklılıklar ise kurutulmuş ürünün hacim ağırlığı ve gözenek büyüklüklerindeki farklılıkla açıklanabilir. Dondurarak kurutmada gözenek büyüklüğü küçük fakat gözeneklilik fazladır. Bu da diğer kurutma yöntemlerine göre daha çok su tutmasını sağlamaktadır. Vakumla kurutulmuş ürünler yüksek gözenekliliğe sahipse de dondurarak kurutulmuş ürünlere göre daha az suyu bünyesine almaktadır. Bunun nedenini dondurarak kurutulanlara göre daha az, ancak daha büyük boyutta gözeneklere sahip olması şeklinde açıklamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Kurutma denemelerinde Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği'nden temin edilen Golden Delicious cinsi elmalar (*Malus communis*) ile yerel market ve pazarlardan alınan havuç (*Daucus carota*) ve maydanoz (*Petroselinum hortense*) kullanılmıştır.

Havuç, elma ve maydanozun her 10 dakikada bir yapılan ağırlık ölçümleri ve nem tayinindeki malzemelerin tartılmasında Sartorius marka BA3100P ve BP221S model 10^{-2} ve 10^{-4} g hassasiyete sahip teraziler kullanılmıştır(Şekil 1).



Şekil 1. Ağırık ölçümlerinde kullanılan hassas teraziler
a) BA3100P modeli b) BP221S modeli

Araştırmada elektrik enerjisi tüketim değerlerinin belirlenmesinde Kaan marka Tip:101 monofaze elektronik sayaç kullanılmıştır.

Sıcaklık ölçümlerinde, vakumlu etüvde ve sıcak havayla kurutmada kullanılan fanlı fırında, etüv ve fırın üzerine monte edilmiş termoeleman tipindeki ölçüm hassasiyeti 1°C olan dijital termometrelerden yararlanılmıştır. Güneşte ve gölgede kurutmada havanın sıcaklık ve nemi Greisinger marka GFTH 95 model dijital nem-sıcaklık ölçer ile belirlenmiştir. Nem ve sıcaklık gösterge hassasiyeti 10^{-1} , nem ölçüm aralığı % 10-95 ve sıcaklık ölçüm aralığı $0-70^{\circ}\text{C}$ 'dir(Şekil 2).



Şekil 2. Dijital nem-sıcaklık ölçer

Nem tayininde Nüve marka FN 500 model etüvden yararlanılmıştır(Şekil 3).



Şekil 3. Nem tayininde kullanılan etüv

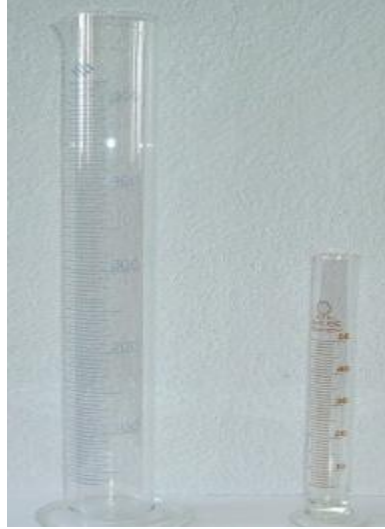
Elma ve havuçların dilimlenmesinde Johnson Samurai marka, 190 mm çaplı paslanmaz çelikten döner bıçaklı dilimleme makinası kullanılmıştır(Şekil 4).



Şekil 4. Dilimleme makinası

Havucun haşlanma sıcaklığının belirlenmesinde de $-15/+115$ °C ölçüm sınırlı cıvalı cam termometreden yararlanılmıştır.

Materyallerin kurutulmadan önceki ve kurutulduktan sonraki hacimlerinin ölçülmesinde 1 ve 5 ml hassasiyetli cam ölçü silindirlerinden yararlanılmıştır(Şekil 5).



Şekil 5. Hacimlerin ölçülmesinde kullanılan cam ölçü silindirleri

Vakumla kurutma denemelerinde Nüve marka EV018 vakumlu etüvden yararlanılmıştır. Etüvün vakum ayar aralığı 0–760 mmHg, sıcaklık ayar aralığı 0–250 °C arasındadır, etüvün vakum gösterge hassasiyeti 20 mmHg'dır. Sıcaklık ayar ve gösterge hassasiyeti 1 °C' dir. İç ölçüleri 300x250x200, dış ölçüleri 517x445x530 milimetredir. Etüvün kullanılır hacmi 15 litredir. Etüv üzerinde kullanılan vakum

pompası, Ulvac marka G-25S model yağlı tip pompadır. Vakum pompasında R- 32 yağı kullanılmıştır. Şekil 6’da vakumla kurutma deneme düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 6. Vakumla kurutma düzeneği
a) Vakumlu etüv b) Vakum pompası c) Elektronik sayaç

Sıcak hava ile kurutma denemelerinde laboratuvar tipi, iç ölçüleri 1300x700x600 mm olan özel olarak imal edilmiş Şekil 7’de görülen fanlı fırından yararlanılmıştır. Sıcaklığın ölçülmesinde fırın üzerine monte edilmiş termoeleman tipindeki dijital termometreden yararlanılmıştır. Termometrenin sıcaklık ayar ve gösterge hassasiyeti 1 °C’ dir.



Şekil 7. Sıcak hava ile kurutmada kullanılan fanlı fırın

Açık havada kurutma denemelerinde Şekil 8’de görülen ahşap malzemeden özel olarak imal edilen, yerden yüksekliği 200 mm, boyutları 300x600x1000 mm olan, dört yanı, tabanı ve tavanı gölge yapmayacak şekilde ince tel elekle kaplı kurutma sehpaları kullanılmıştır.



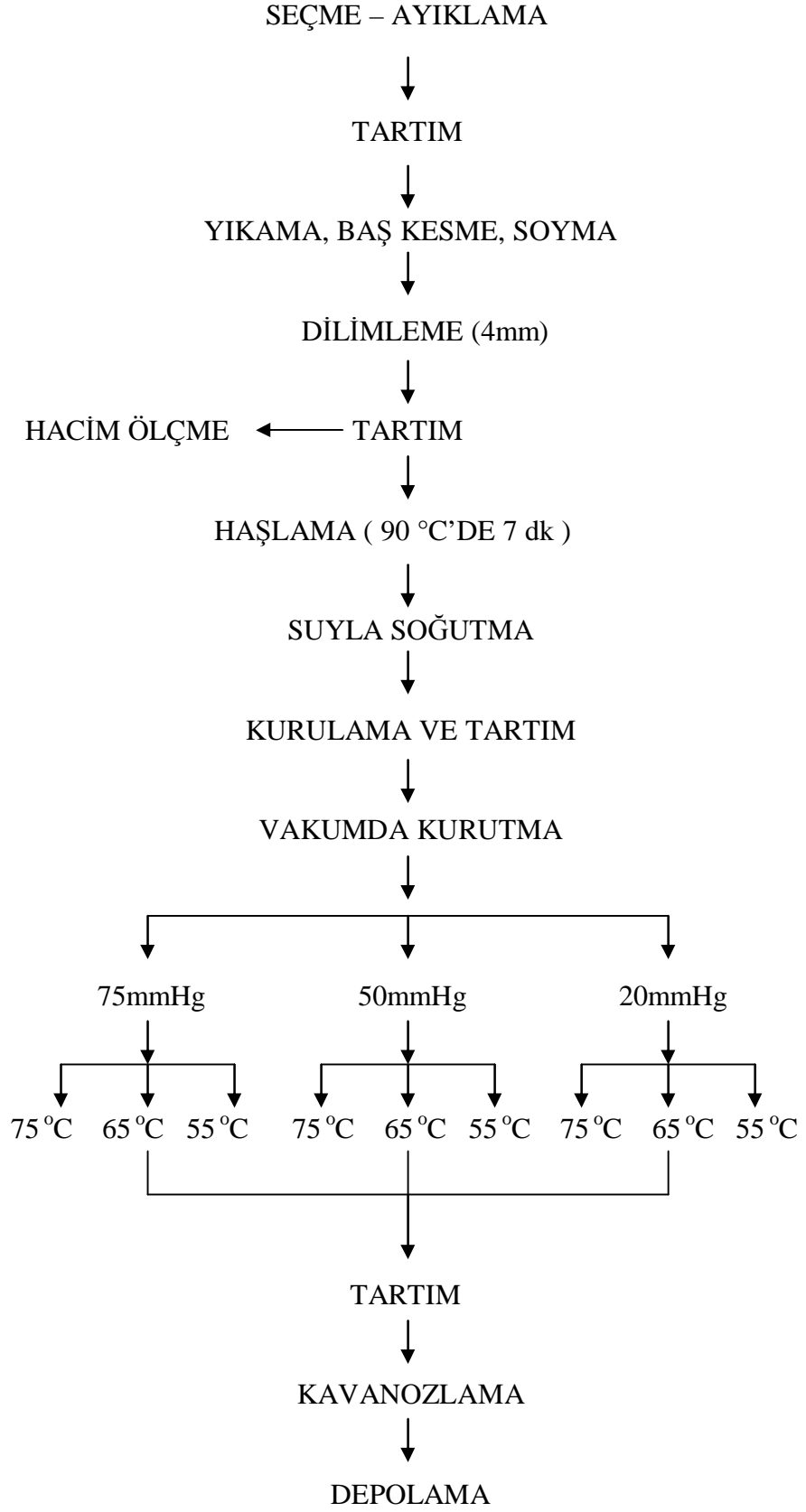
Şekil 8. Açık havada kurutma sehpası

3.2. Yöntem

3.2.1. Vakumla Kurutma Yöntemi

3.2.1.1. Havucun Vakumla Kurutulması

Havuçlar yıkandıktan sonra baş kısımları kesilip, elle soyulup, döner bıçaklı dilimleme makinasında 4 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Daha sonra havuçlar 90 °C ’de 7 dakika haşlanmış ve suyla soğutulmuştur(Lin ve ark. 1998). Kurutma kağıdı ile fazla suyu alınan havuçlar, kurutulmak üzere vakum fırınına yerleştirilmiştir. Oluşturulan deneme deseni 3x3 faktöriyel yapısındadır. Denemeler 20, 50 ve 75 mmHg olmak üzere üç vakum ve 55, 65 ve 75 °C olmak üzere üç sıcaklık değerinde yapılmıştır. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 70 gramdır. Her 10 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçülmüştür. Havucun vakumla kurutmadaki akış diyagramı Şekil 9’da verilmiştir.



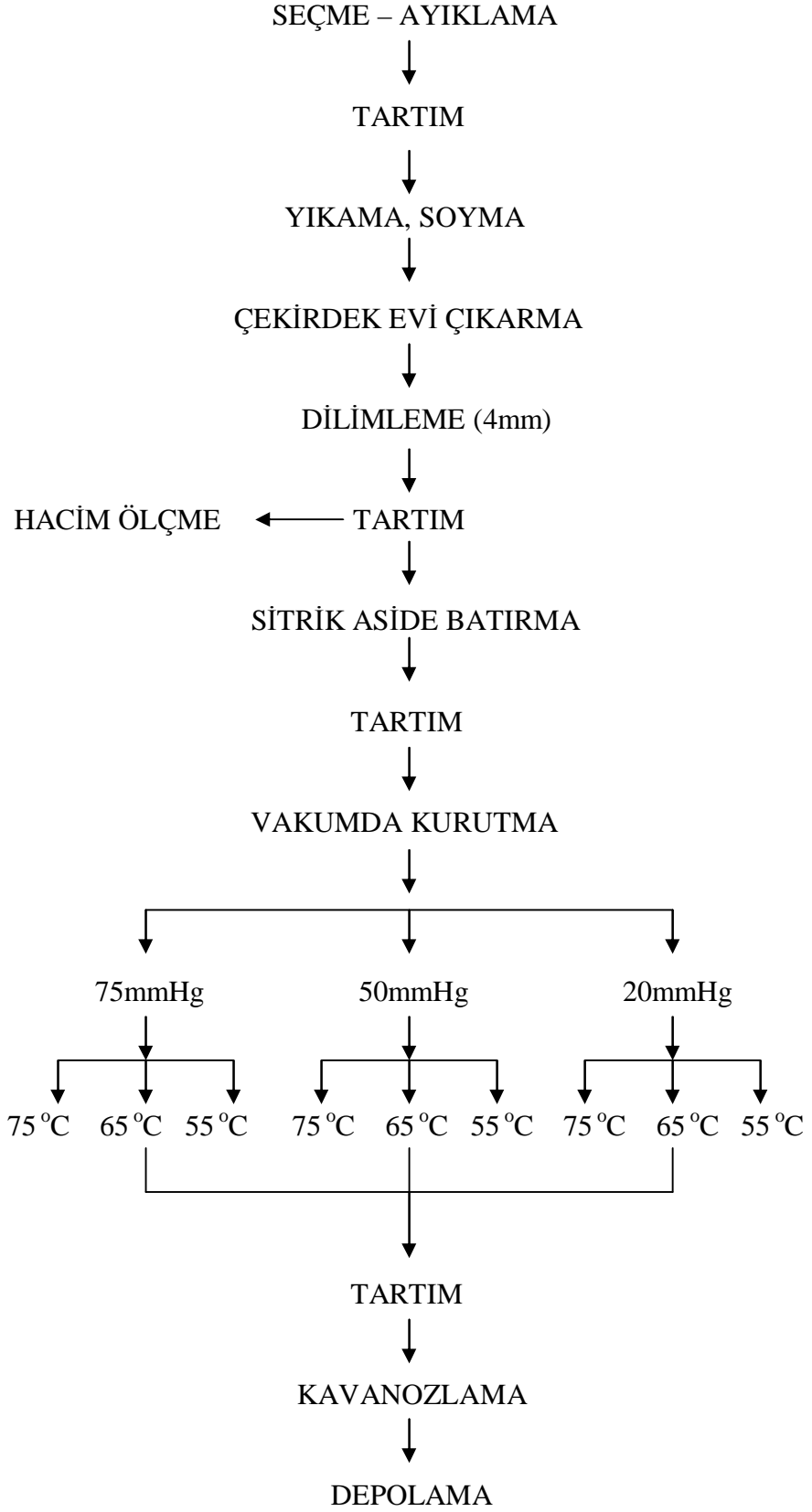
Şekil 9. Havucun vakumla kurutma akış diyagramı

3.2.1.2. Elmanın Vakumla Kurutulması

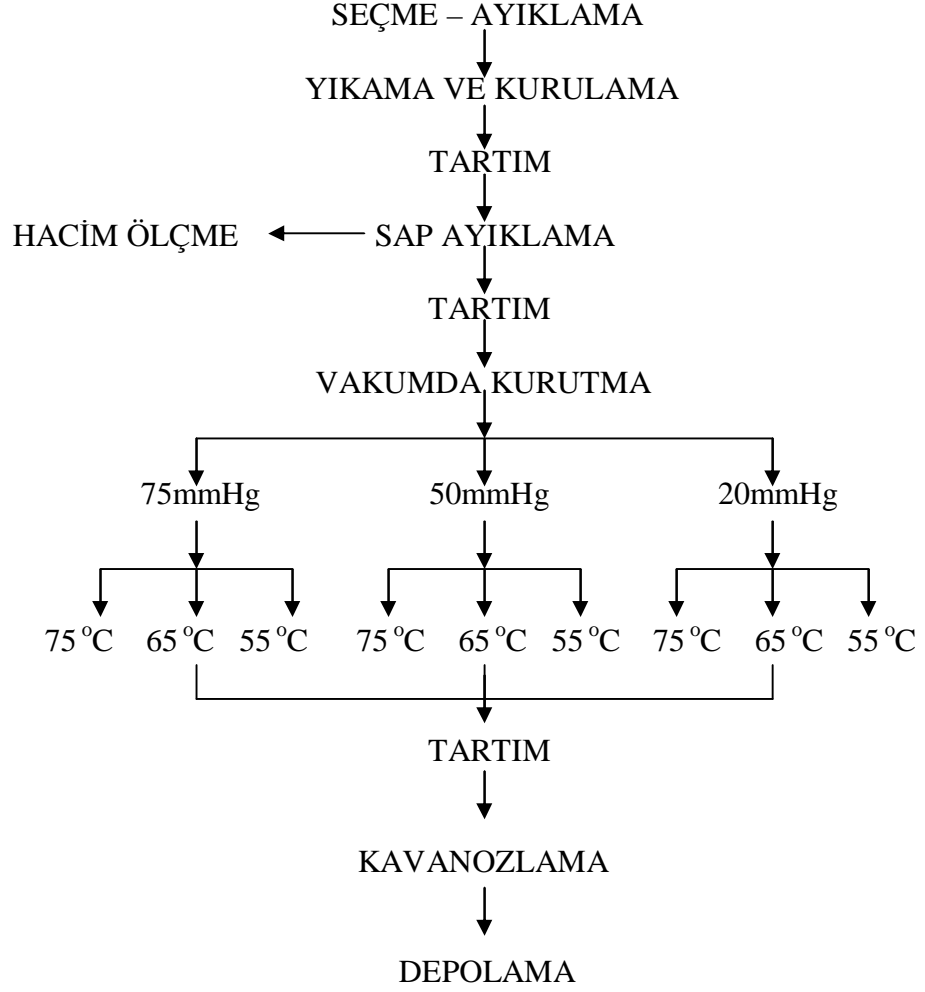
Elmalar kurutucuya konmadan önce yıkanıp, elle soyulmuş ve çekirdek evleri çıkartılarak, döner bıçaklı dilimleme makinası ile 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ve ortadan ikiye kesilerek yarım ay şekli kazandırılmıştır. Yarım ay şeklindeki elmalar kararmamaları için %0.3'lük sitrik asit çözeltisine batırılmıştır. Enzimatik esmerleşme, ortam pH değerinin 4.5'in üzerine çıkmasıyla hızla artmaktadır. Sitrik asit ortam pH'ını düşürücü ve %2'den daha az konsantrasyonlarda enzim aktivitesini azaltıcı özelliğe sahiptir(Akyıldız 1999). Denemelerde kullanılan %0.3'lük sitrik asit çözelti değeri elmalarda sitrik asit nedeniyle ekşilik oluşturmayacak ve elmanın kararmasına da neden olmayacak şekilde literatür bilgileri ışığında ön deneme yapılarak belirlenmiştir. Elmalar kurutucuya konmadan önce bir süzgeçte suları süzdürülmüştür. Oluşturulan deneme deseni 3x3 faktöriyel yapısındadır. Denemeler 20, 50 ve 75 mmHg olmak üzere üç vakum ve 55, 65 ve 75 °C olmak üzere üç sıcaklık değerinde yapılmıştır. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 170 gramdır. Her 10 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçülmüştür. Elmanın vakumlu kurutmadaki akış diyagramı Şekil 10'da verilmiştir.

3.2.1.3. Maydanozun Vakumla Kurutulması

Maydanozun vakumla kurutulmasında yıkanmış maydanozlar, sadece yaprak kısımları kalacak şekilde ayıklanmıştır. Elma ve havuçta olduğu gibi çözeltiliye batırma ya da haşlama gibi bir ön işlem uygulanmadan kurutulmak üzere vakumlu etüve konmuştur. Oluşturulan deneme deseni 3x3 faktöriyel yapısındadır. Denemeler 20, 50 ve 75 mmHg olmak üzere üç vakum ve 55, 65 ve 75 °C olmak üzere üç sıcaklık değerinde yapılmıştır. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 20 gramdır. Maydanozun vakumla kurutulmasında kuruma süresinin kısalığı nedeniyle her 5 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçülmüştür. Maydanozun vakumlu kurutmadaki akış diyagramı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Elmanın vakumlu kurutma akış diyagramı



Şekil 11. Maydanozun vakumlu kurutma akış diyagramı

3.2.2. Sıcak Hava İle Kurutma Yöntemi

3.2.2.1. Havucun Sıcak Hava İle Kurutulması

Havuçlar yıkandıktan sonra baş kısımları kesilip, elle soyulup, dilimleme makinasında 4 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Daha sonra havuçlar 90 °C 'de 7 dakika haşlanmış ve suyla soğutulmuştur(Lin ve ark 1998). Kurutma kağıdı ile fazla suyu alınan havuçlar, kurutulmak üzere sıcak hava fırınına yerleştirilmiştir. Kurutma 55, 65 ve 75 °C'de gerçekleştirilmiştir. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 70 gramdır. Her 10 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçümü yapılmıştır.

3.2.2.2. Elmanın Sıcak Hava İle Kurutulması

Elmalar kurutucuya konmadan önce yıkanıp, elle soyulmuş ve çekirdek evleri çıkartılarak, döner bıçaklı dilimleme makinası ile 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ve ortadan ikiye kesilerek yarım ay formu kazandırılmıştır. Yarım ay şeklindeki elmalar kararmamaları için %0.3'lük sitrik asit çözeltisine batırılmıştır. Elmalar kurutucuya konmadan önce bir süzgeçte suları süzdürülmüştür. Kurutma 55, 65 ve 75 °C'de gerçekleştirilmiştir. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 170 gramdır. Her 10 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçümü yapılmıştır.

3.2.2.3. Maydanozun Sıcak Hava İle Kurutulması

Maydanozun sıcak hava ile kurutulmasında yıkanmış maydanozlar, sadece yaprak kısımları kalacak şekilde ayıklanmıştır. Elma ve havuçta olduğu gibi çözeltiliye batırma ya da haşlama gibi bir ön işlem uygulanmadan kurutulmak üzere fanlı fırına konulmuştur. Kurutma 55, 65 ve 75 °C'de gerçekleştirilmiştir. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 20 gramdır. Her 10 dakikada bir enerji tüketimi ve ağırlık ölçülmüştür.

3.2.3. Açık Havada Kurutma Yöntemleri

3.2.3.1. Havucun Açık Havada Kurutulması

Havuçlar yıkandıktan sonra baş kısımları kesilip, elle soyulduktan sonra, dilimleme makinasında 4mm kalınlığında dilimlenmiştir. Daha sonra havuçlar 90 °C 'de 7 dakika haşlanmış ve suyla soğutulmuştur(Lin ve ark. 1998). Kurutma kağıdı ile fazla suyu alınan havuçlar, kurutulmak üzere kurutma sehpaalarına yerleştirilmiştir. Kurutma sehpaalarından bir tanesi güneşe, diğeri ise gölgeye yerleştirilmiştir. Ortam nemi ve sıcaklığı belirli aralıklarla ölçülmüştür. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 70 gramdır. Örnek ağırlığı deneme başlangıcında ve sonunda ölçülmüştür.

3.2.3.2. Elmanın Açık Havada Kurutulması

Elmalar kurutucuya konmadan önce yıkanıp, elle soyulmuş ve çekirdek evleri çıkartılarak, döner bıçaklı dilimleme makinası ile 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ve ortadan ikiye kesilerek yarım ay formu kazandırılmıştır. Yarım ay şeklindeki elmalar kararmamaları için %0.3'lük sitrik asit çözeltisine batırılmıştır. Elmalar kurutma sehplarına konmadan önce bir süzgeçte suları süzdürülmüştür. Kurutma sehplarından bir tanesi güneşe, diğeri ise gölgeye yerleştirilmiştir. Ortam nemi ve sıcaklığı belirli aralıklarla ölçülmüştür. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 170 gramdır. Örnek ağırlığı deneme başlangıcında ve sonunda ölçülmüştür.

3.2.3.3. Maydanozun Açık Havada Kurutulması

Maydanozun vakumla kurutulmasında yıkanmış maydanozlar, sadece yaprak kısımları kalacak şekilde ayıklanmıştır. Elma ve havuçta olduğu gibi çözeltiye batırma ya da haşlama gibi bir ön işlem uygulanmadan kurutulmak üzere kurutma sehplarına yerleştirilmiştir. Kurutma sehplarından bir tanesi güneşe, diğeri ise gölgeye yerleştirilmiştir. Ortam nemi ve sıcaklığı belirli aralıklarla ölçülmüştür. Her bir denemede kullanılan örnek miktarı 20 gramdır. Örnek ağırlığı deneme başlangıcında ve sonunda ölçülmüştür.

3.2.4. Nem Tayini

Havuç, elma ve maydanozun nem tayini Nüve marka FN 500 model etüvde 105 °C'de örnek miktarı sabit tartıma gelene kadar örneklerin kurutulması ile yapılmıştır.

3.2.5. Renk Tayini

Yaş ve kuru haldeki havuç, elma ve maydanozun renk tayini Minolta marka CR 300 renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. L, a ve b değerleri belirlenmiştir. "L" değeri dikey

eksende parlaklıktan koyuluğa gidişi, “+a” kırmızılığa, “-a” yeşilliğe, “+b” sarılığa, “-b” ise maviliğe gidişi göstermektedir(Akyıldız 1999, Teymur 1999).

3.2.6. Nemi Geri Alma Miktarı

Kurutulmuş ürünler oda sıcaklığındaki suya daldırılmış ve birer saat aralıklarla tartılarak, kuru ağırlıklarına göre ne kadar suyu bünyelerine geri aldıkları belirlenmiştir.

3.2.7. Hacim Ölçümü

Yaş üründen alınan belli ağırlıktaki örneğin hacmi, içi su dolu ölçü silindiri içine batırılarak buradan taşan su miktarının ölçülmesiyle bulunmuştur. Hacmi belirlenen örnek kurutulduktan sonra hacmi tekrar aynı yöntemle belirlenmiştir. Böylece yaş ürüne göre kuru ürünün hacmindeki değişim belirlenmiştir.

3.2.8. Regresyon Analizi

Vakumla ve sıcak havayla kurutma yöntemlerinde, ağırlık kaybı ve enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Kurutma denemelerinden elde edilen veriler Minitab 14 istatistiksel bilgisayar programı kullanılarak her bir üründe, o deneme koşulları için geçerli korelasyon katsayıları ve zamanın bir fonksiyonu olarak ağırlık kaybını ve enerji tüketimini veren regresyon eşitlikleri elde edilmiştir. Bu eşitliklere göre bilgisayar ortamında ilişkiler arasındaki regresyon grafikleri çizdirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırma bulguları her bir materyal ve araştırma yöntemi için alt başlıklar halinde sunulmuştur.

Vakumla kurutmada elde edilen araştırma bulguları, sıcak havayla kurutmada elde edilen araştırma bulgularıyla beraber tek bir çizelgeye dönüştürülerek elma için Ek 1’de, havuç için Ek 2’de ve maydanoz için de Ek 3’de verilmiştir. Kurutma sonunda kurutulan materyallerin nemi geri alma miktarları ile renk analiz değerleri her üç kurutma yöntemi için tek bir çizelgeye dönüştürülerek havuç için Ek 4’de, elma için Ek 5’te ve maydanoz içinde Ek 6’da verilmiştir. Renk değişiminin kontrol ürününe göre görsel olarak incelenebilmesi amacıyla ürün resimleri her üç kurutma yöntemi için tek bir şekil haline getirilerek havuç için Ek 7’de, elma için Ek 8’de ve maydanoz için Ek 9’da verilmiştir.

4.1. Vakumla Kurutma

Vakumla kurutmada, havuç, elma ve maydanoz 75, 65 ve 55 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık ve 20, 50 ve 75 mmHg olmak üzere üç farklı vakum değerinde kurutulmuştur. Havuç, elma ve maydanozun vakumla kurutulmasından elde edilen araştırma bulguları alt başlıklar altında sunulmuştur.

4.1.1. Havucun Vakumla Kurutulması

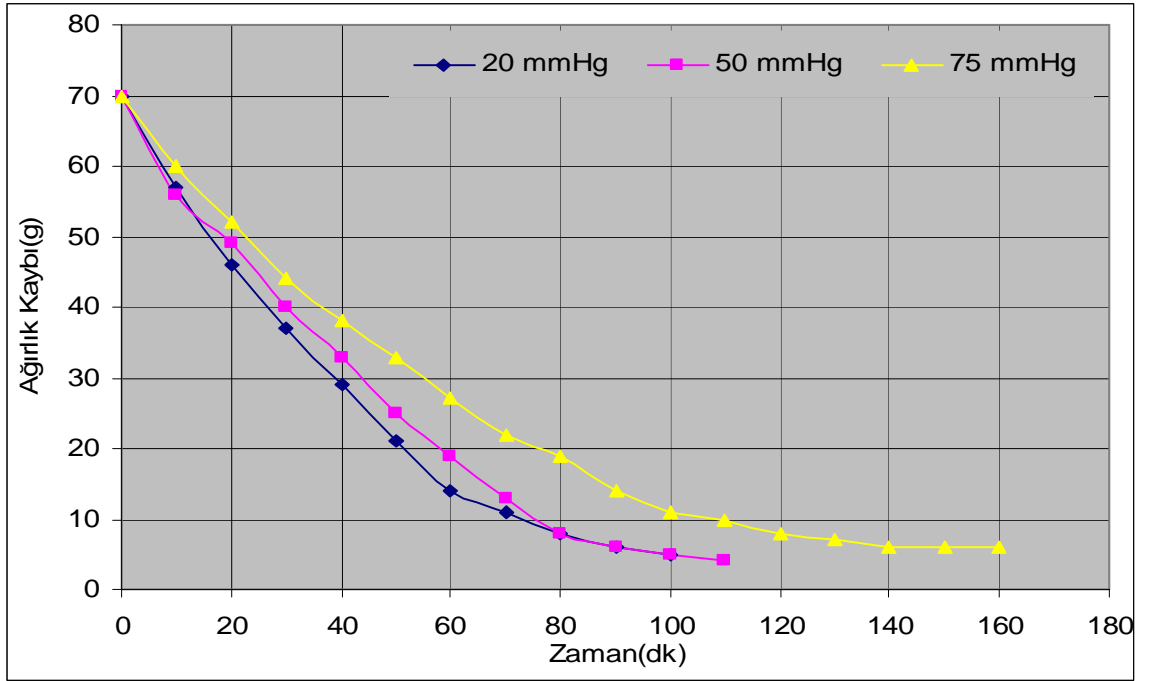
Havucun vakumla kurutulmasına ilişkin araştırma bulguları sıcaklık ve vakum değerlerine göre alt başlıklar halinde grafiklere dönüştürülerek sunulmuştur.

4.1.1.1. Havucun 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

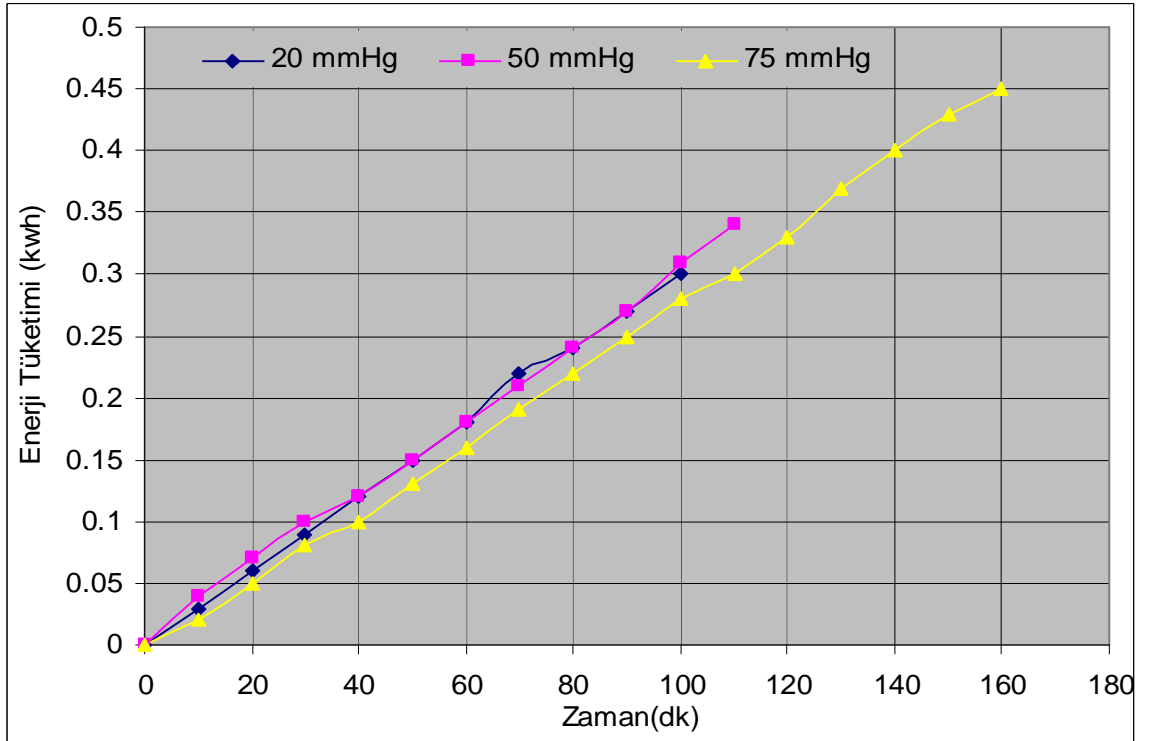
Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan havuç, her bir deney kademesinde 70 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 4 ila 6 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C ve 20 mmHg

vakumda, kurutma 100 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %7'ye düşürülmüştür. 75 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 110 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 4 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %6'ya düşürülmüştür. 75 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 160 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 6 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %8'e düşürülmüştür. 75 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.3 kWh, 75 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.34 kWh ve 75 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.45 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %90 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

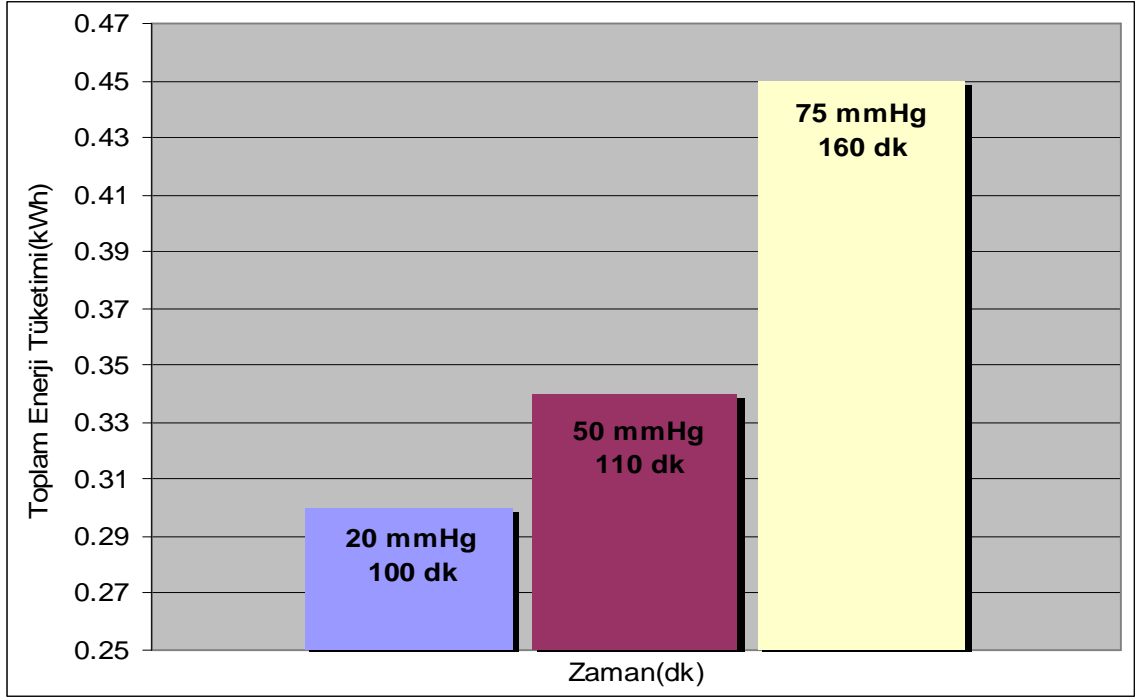
Havucun 75 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 12'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 13'te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 14'te, nemi geri alma miktarı Şekil 15'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.8 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.8 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 16, 17, 18, 19, 20 ve Şekil 21'de verilmiştir. Formüllerdeki "y" kurutma süresini, "x" ağırlık kaybını, "z" ise enerji tüketimini göstermektedir.



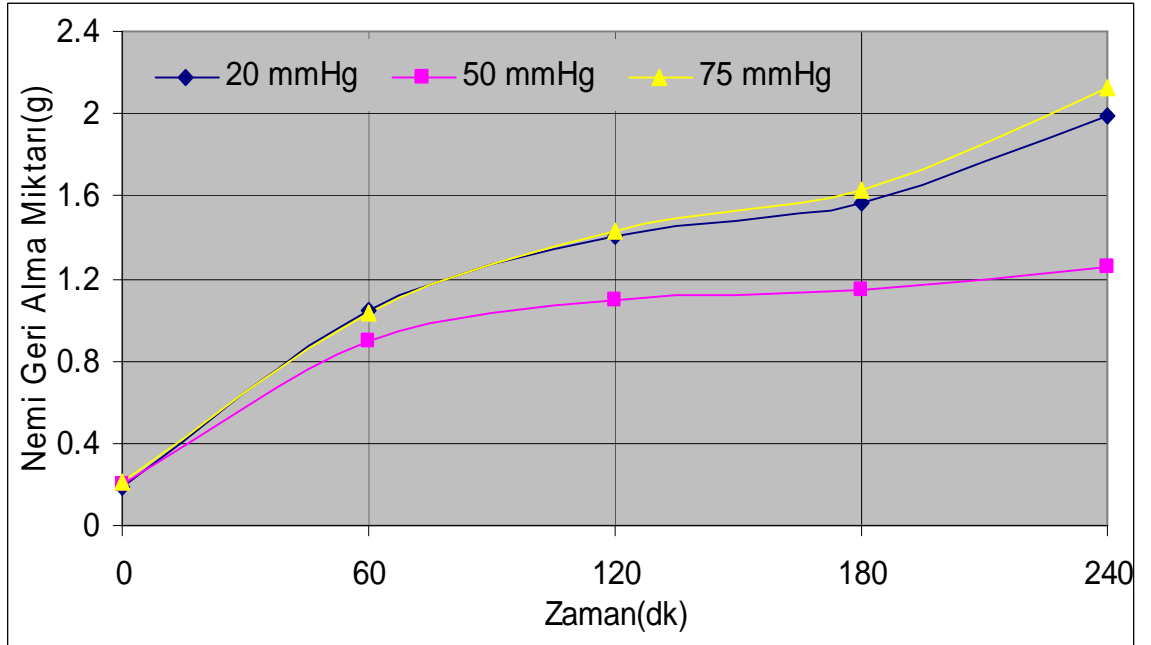
Şekil 12. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



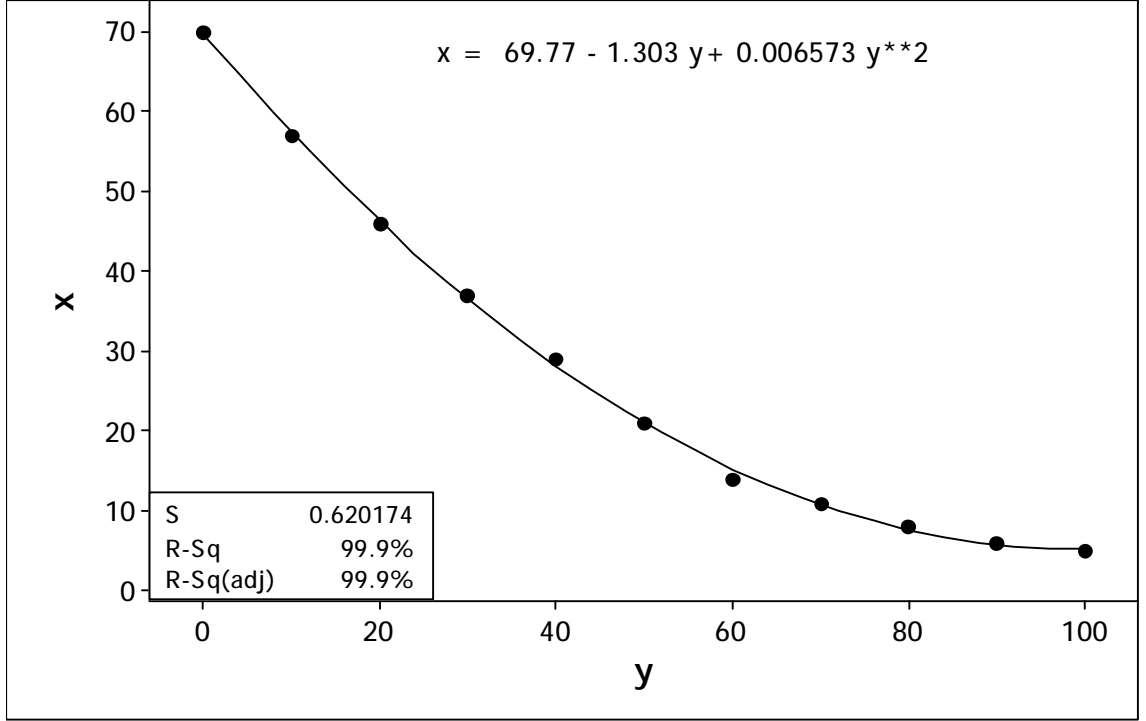
Şekil 13. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



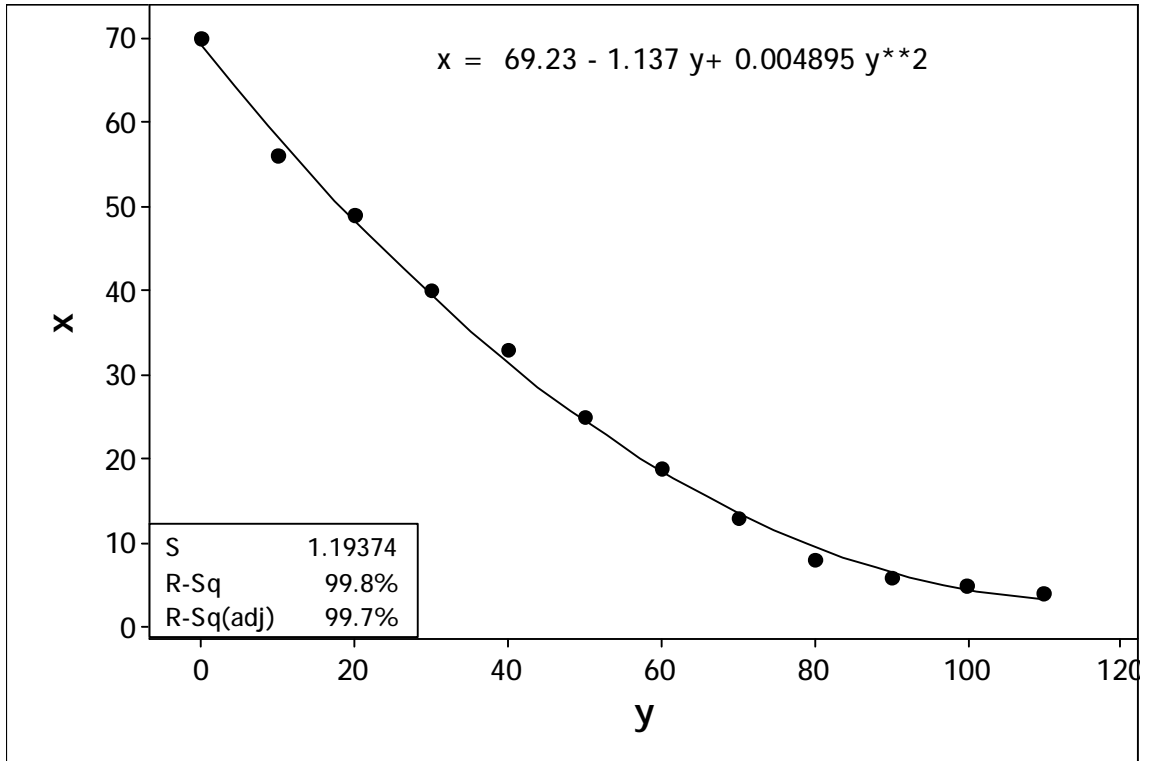
Şekil 14. Havucun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



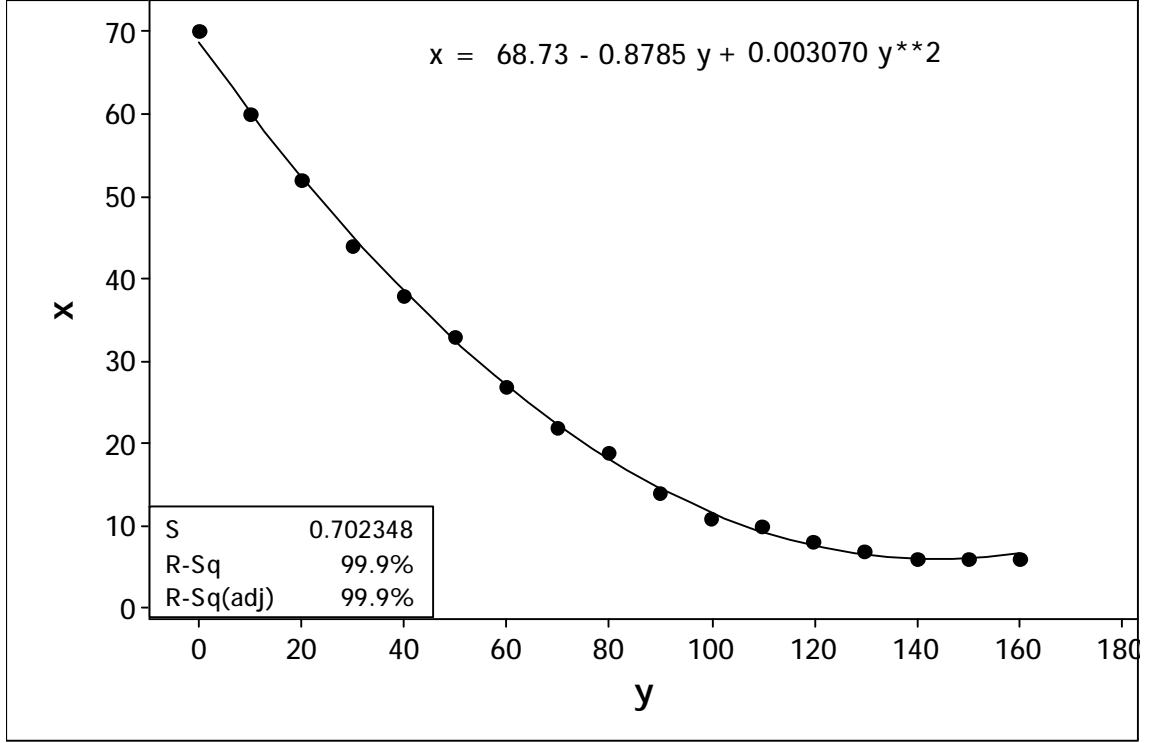
Şekil 15. 75 °C’de vakumla kurutulmuş havucun zamana bağlı nemi geri alma miktarı



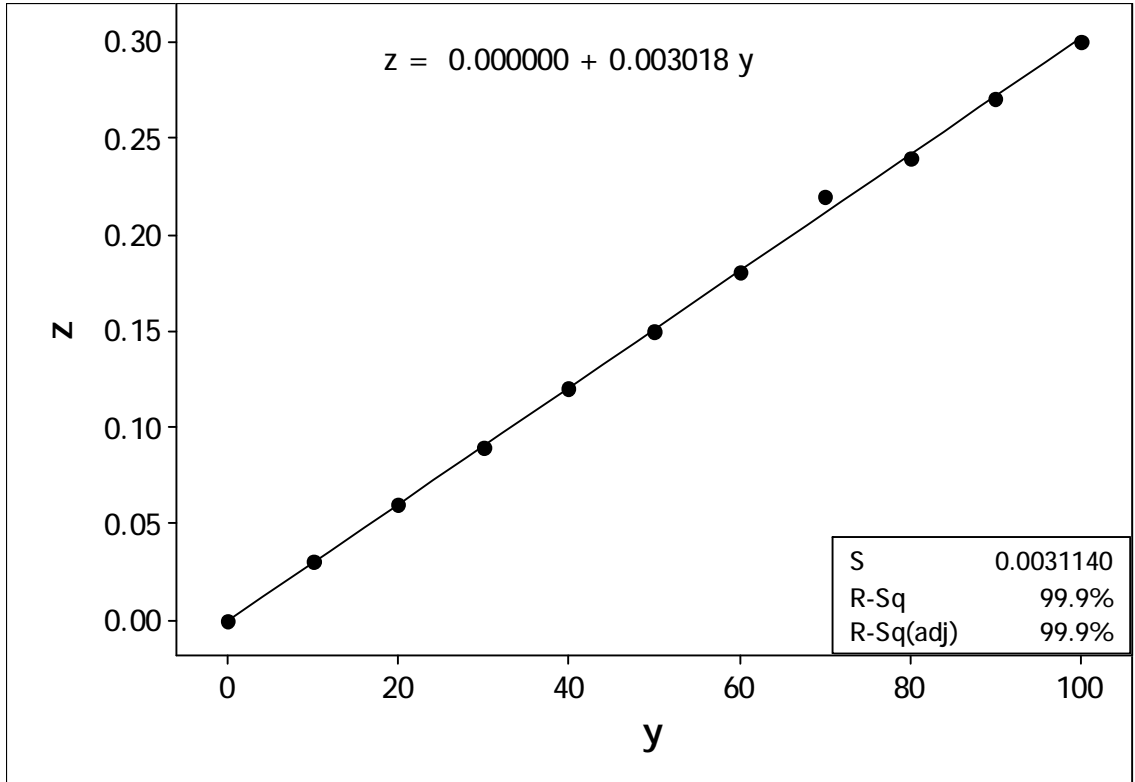
Şekil 16. 75 °C 20 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



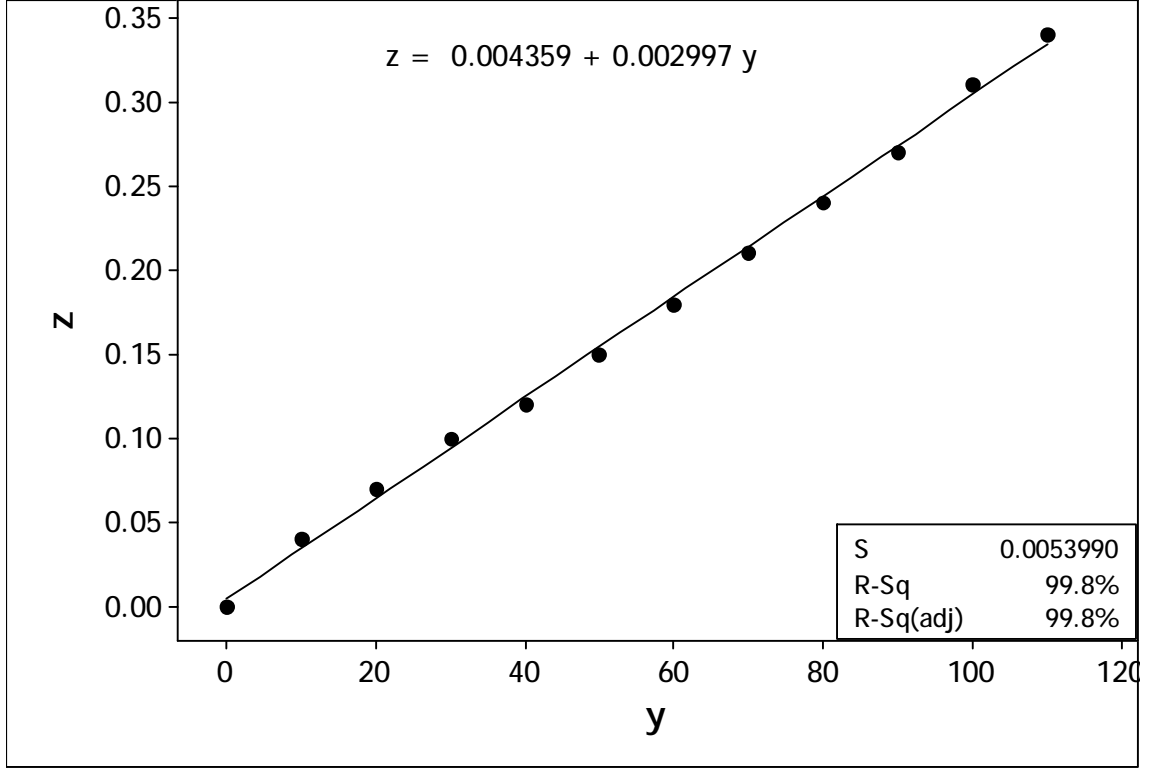
Şekil 17. 75 °C 50 mmHg’da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



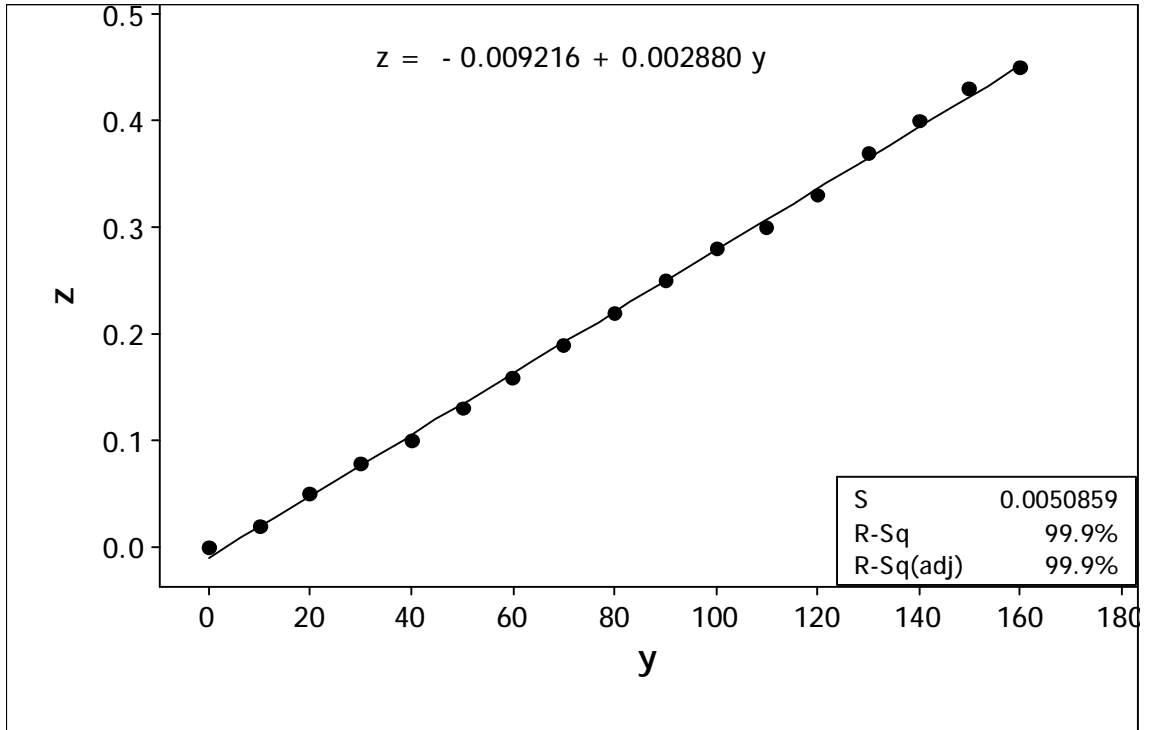
Şekil 18. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 19. 75 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 20. 75 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

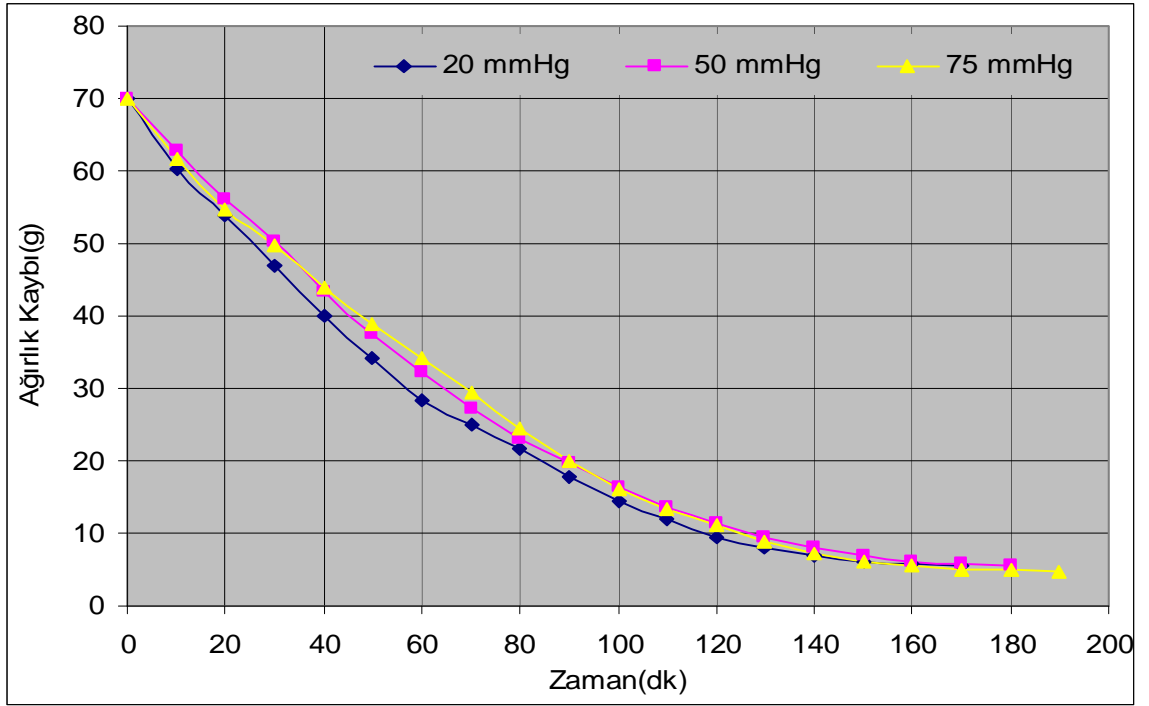


Şekil 21. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

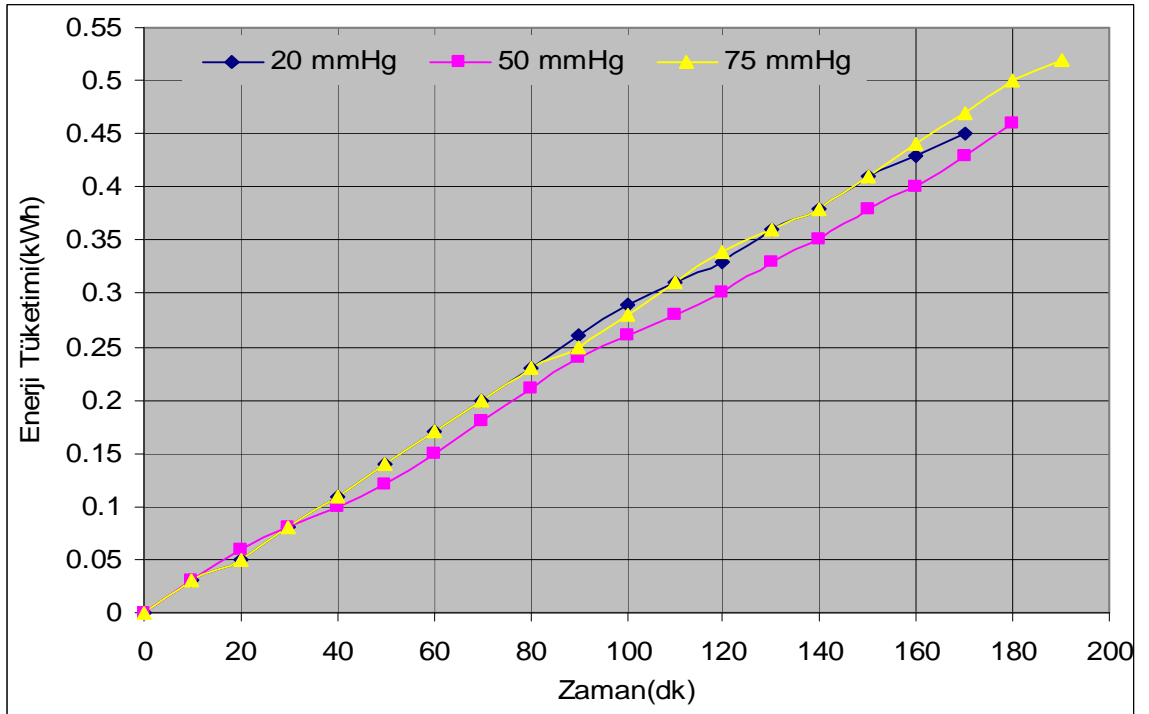
4.1.1.2. Havucun 65 °C'de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan havuç, her bir deney kademesinde 70 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 4 ila 6 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 65 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 170 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5.6 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %7'ye düşürülmüştür. 65 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 180 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5.4 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %7'ye düşürülmüştür. 65 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 190 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 4.8 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %6'ya düşürülmüştür. 65 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.45 kWh, 65 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.46 kWh, 65 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.52 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %90 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

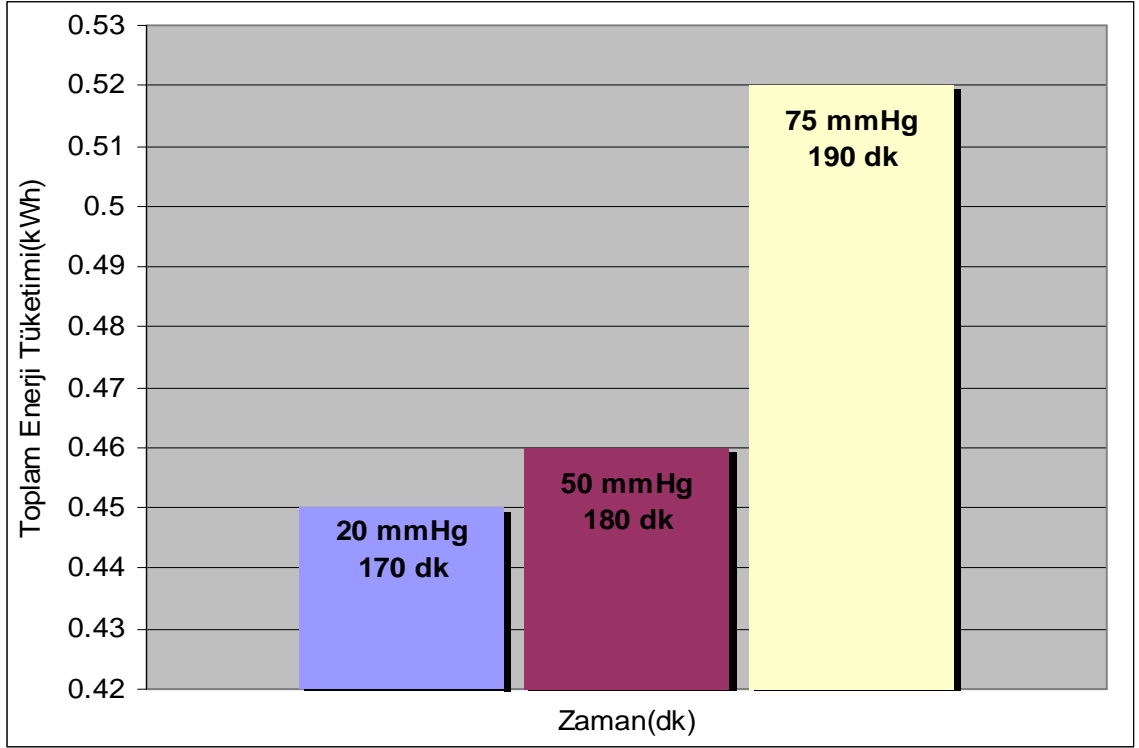
Havucun 65 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 22'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 23'te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 24'te, nemi geri alma miktarı Şekil 25'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.9 ile 100.0 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.7 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 26, 27, 28, 29,30 ve Şekil 31'de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



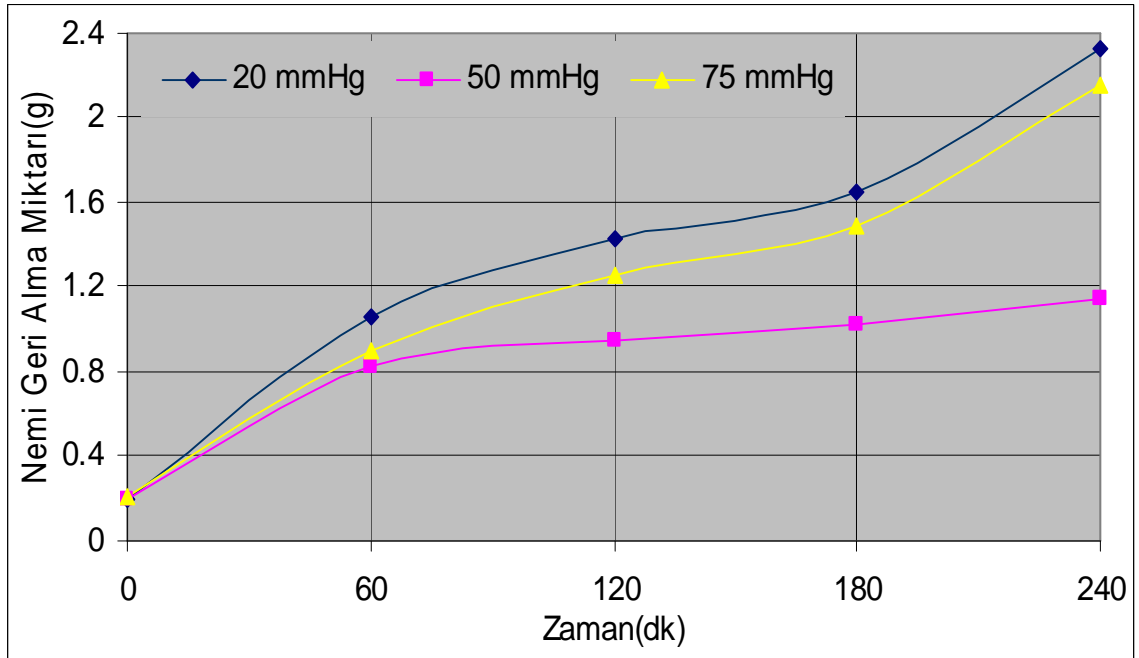
Şekil 22. Havucun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



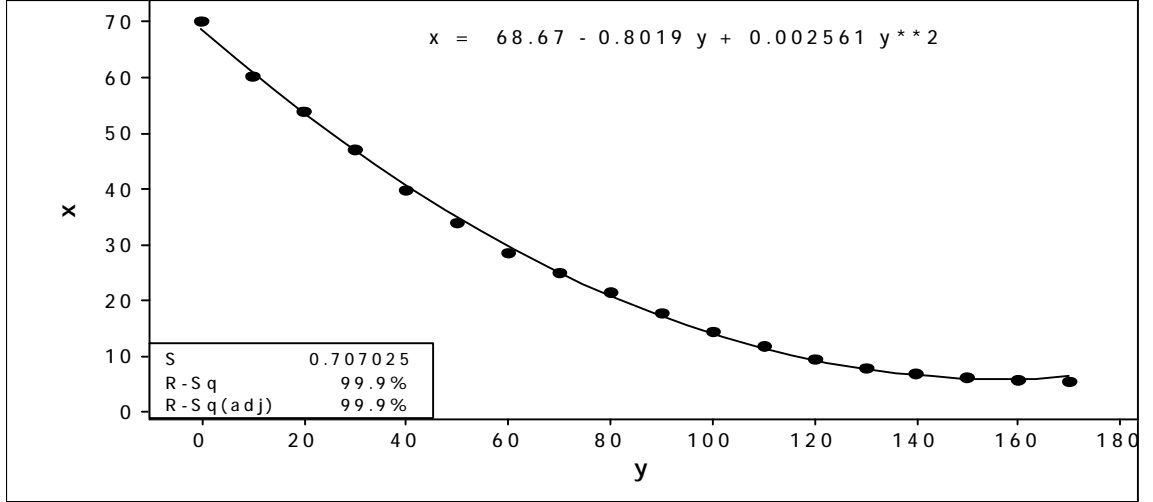
Şekil 23. Havucun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



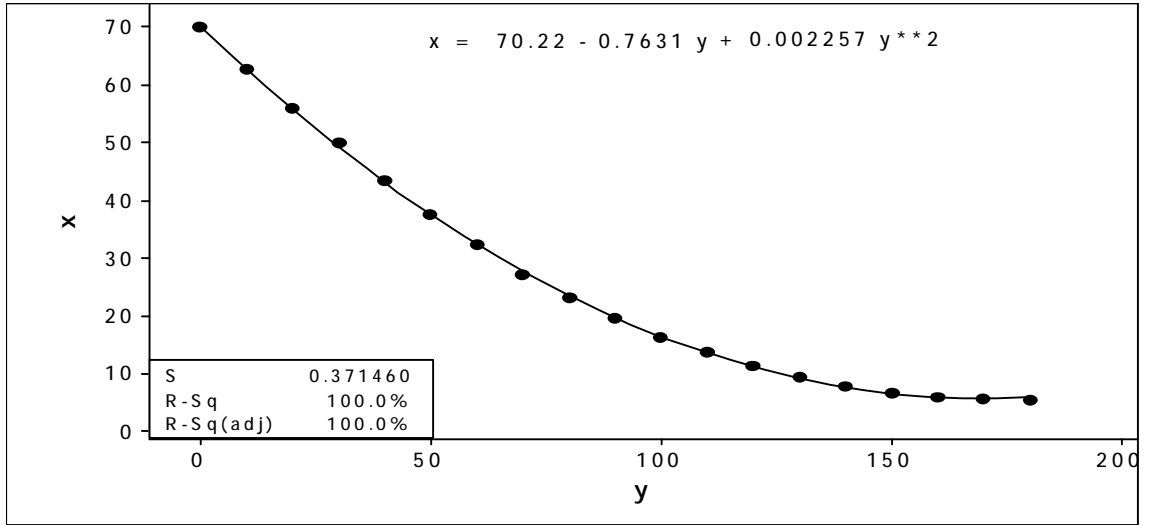
Şekil 24. Havucun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



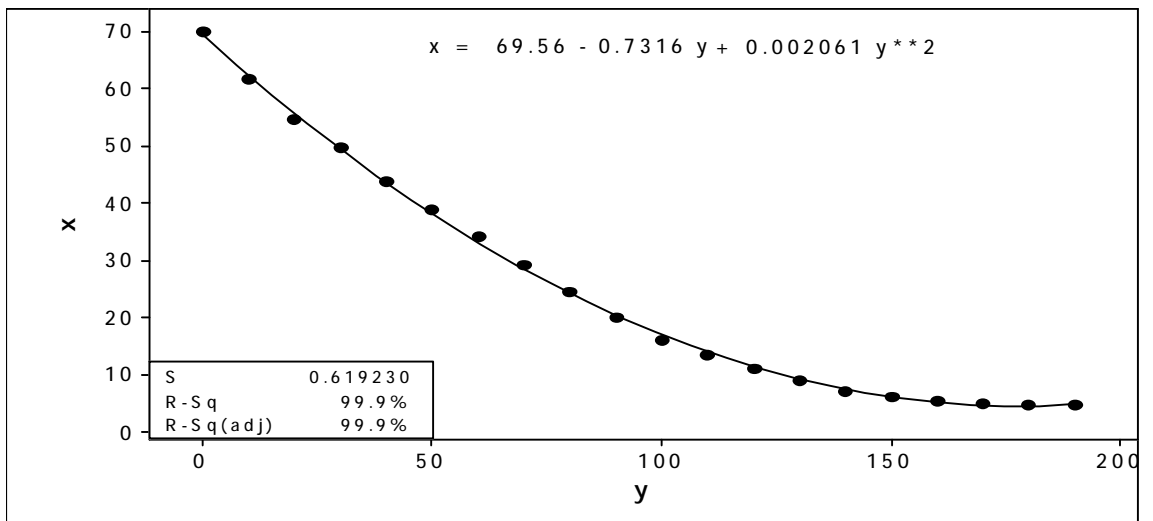
Şekil 25. 65 °C’de vakumla kurutulmuş havucun zamana bağlı nemi geri alma miktarı



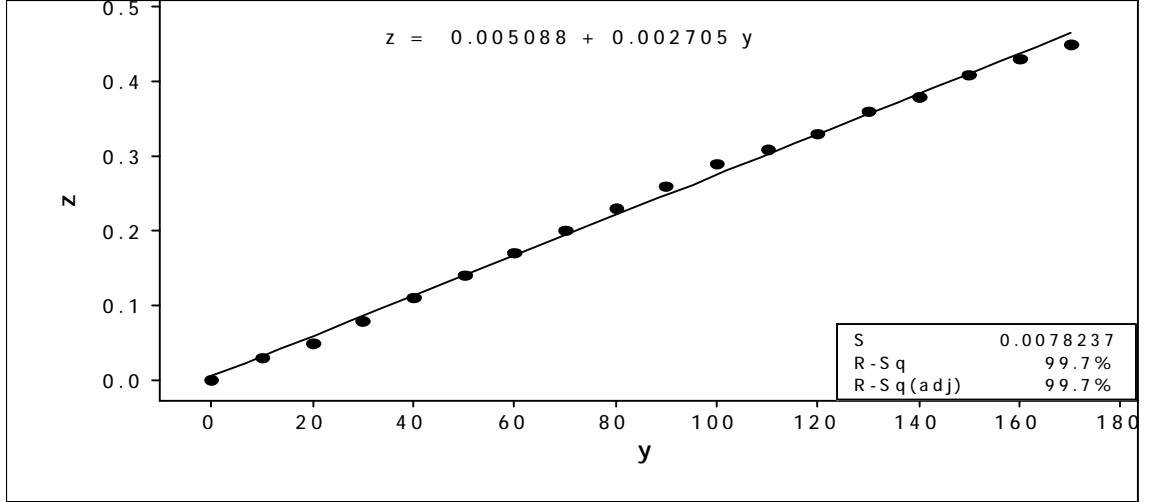
Şekil 26. 65 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



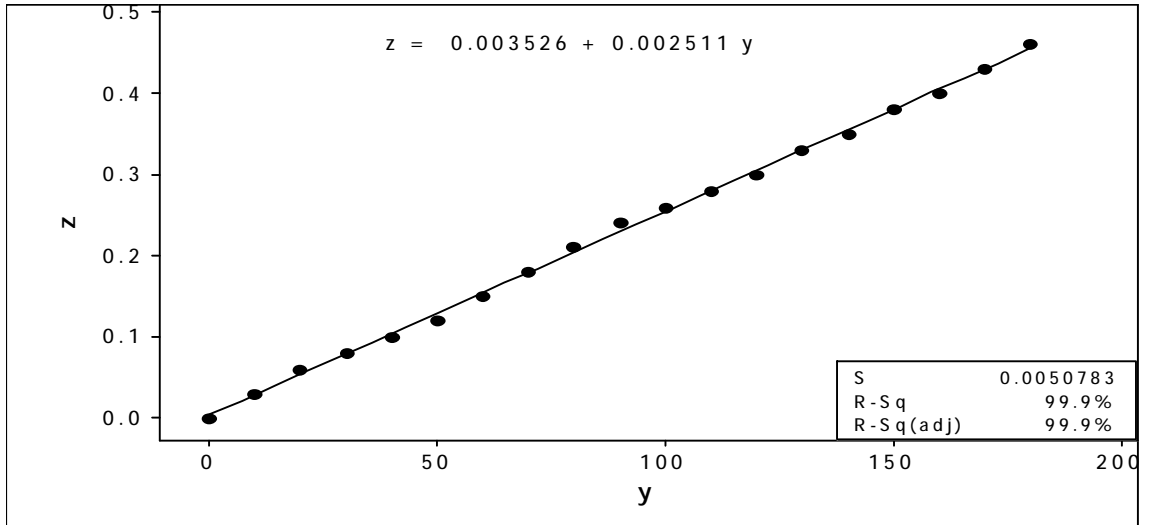
Şekil 27. 65 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



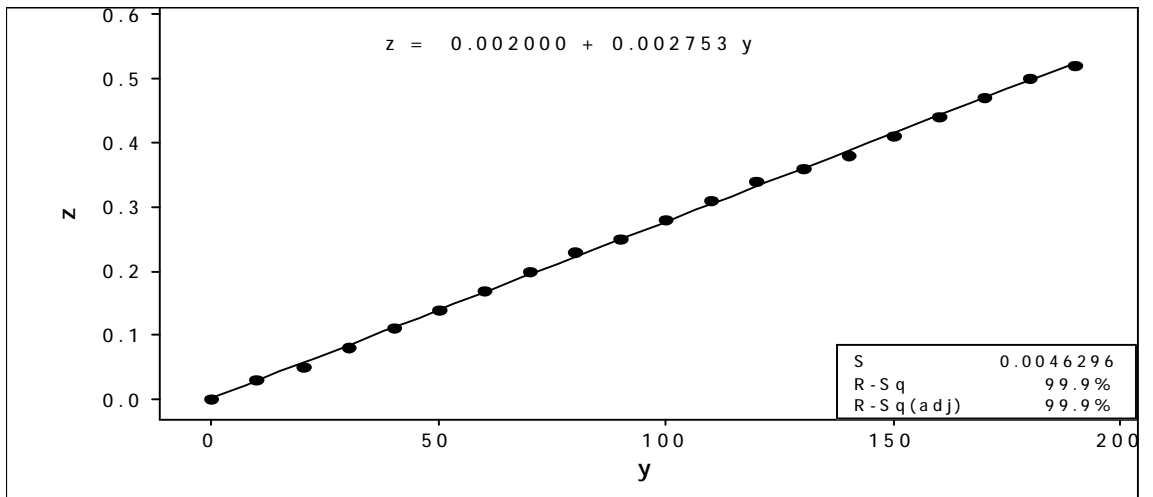
Şekil 28. 65 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 29. 65°C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 30. 65°C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

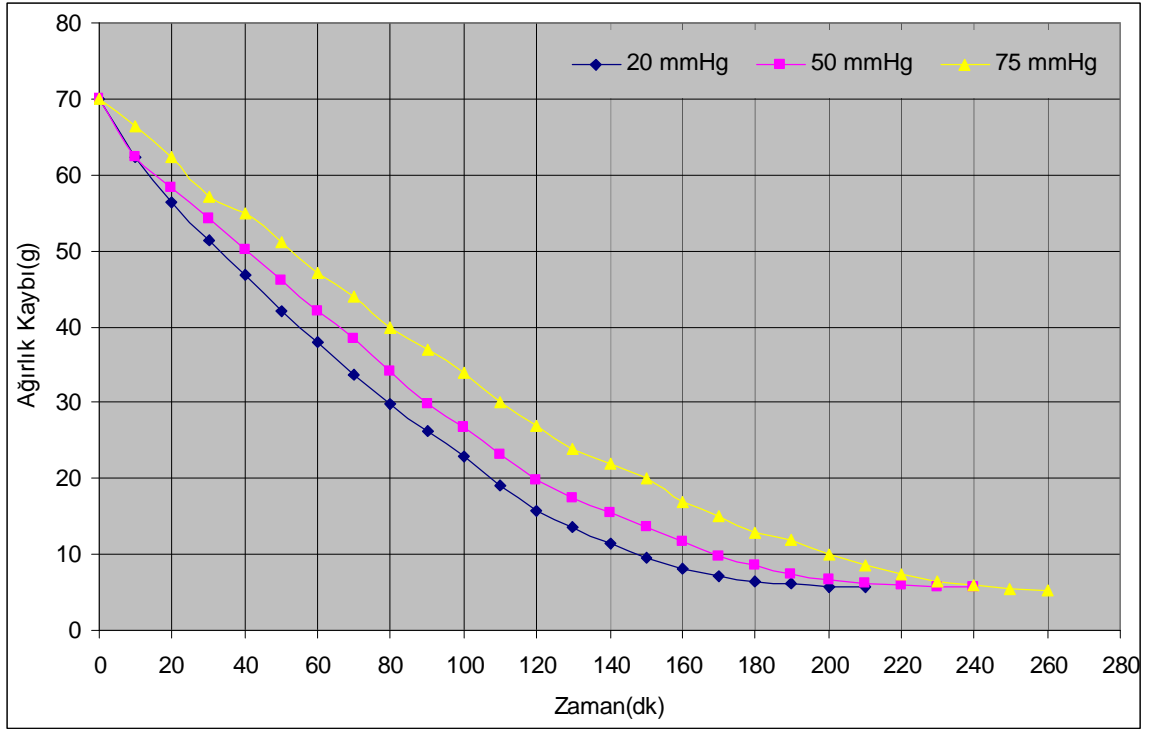


Şekil 31. 65°C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

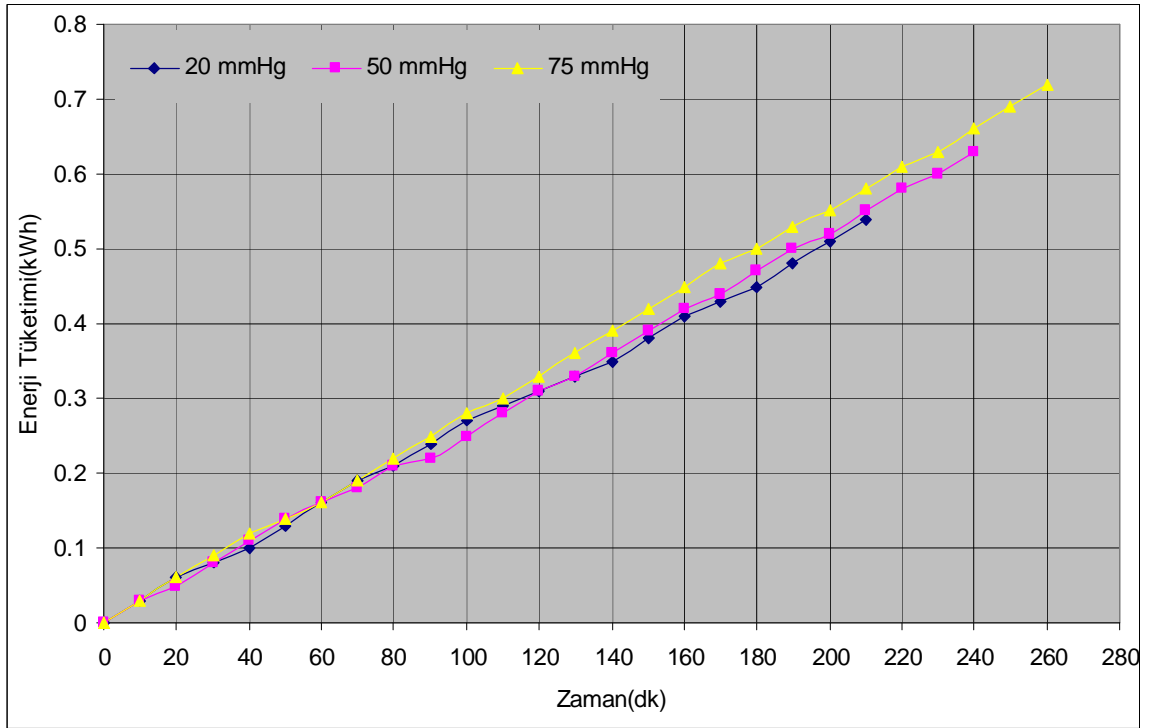
4.1.1.3. Havucun 55 °C'de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan havuç, her bir deney kademesinde 70 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 4 ila 6 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 55 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 210 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5.7 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %8'e düşürülmüştür. 55 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 240 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5.7 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %8'e düşürülmüştür. 55 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 260 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 5.2 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %7'ye düşürülmüştür. 55 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.54 kWh, 55 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.63 kWh, 55 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.72 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %90 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

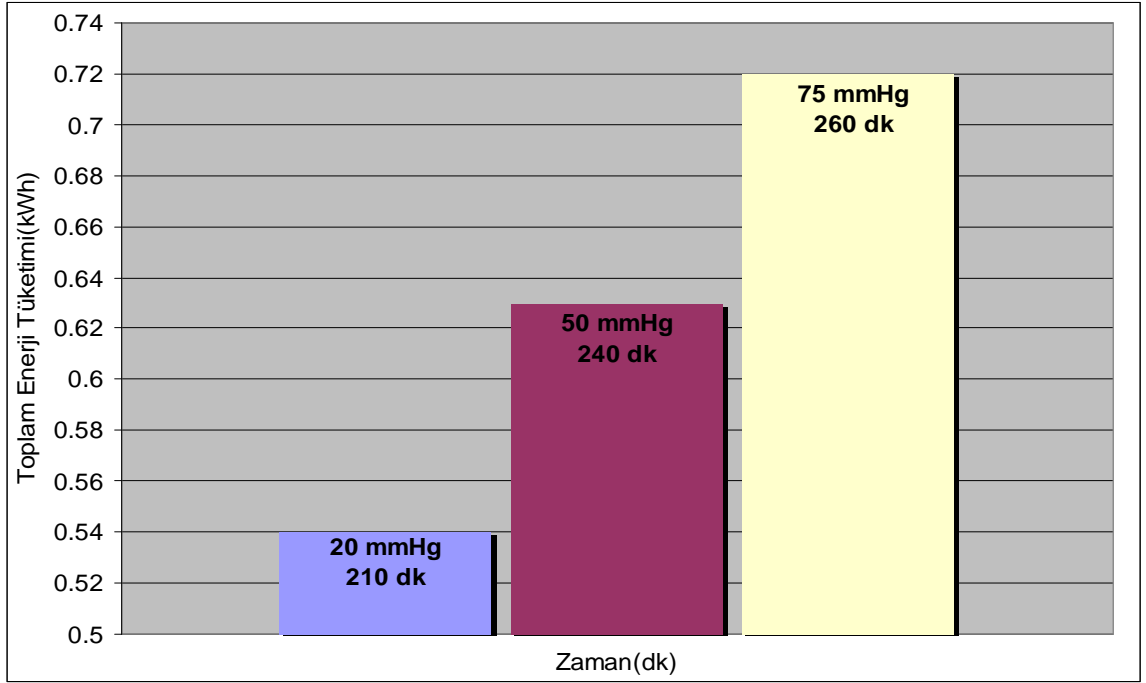
Havucun 55 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 32'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 33'de, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 34'te, nemi geri alma miktarı Şekil 35'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.9 bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.7 ile 100.0 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 36, 37, 38, 39, 40 ve Şekil 41'de verilmiştir. Formüllerdeki "y" kurutma süresini, "x" ağırlık kaybını, "z" ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



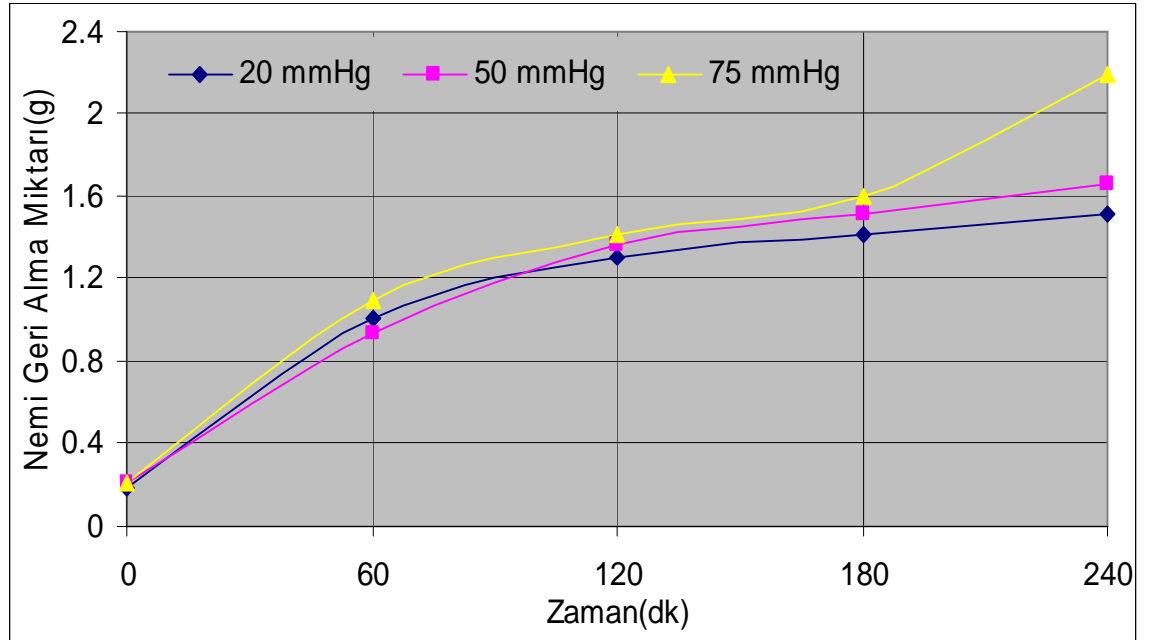
Şekil 32. Havucun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



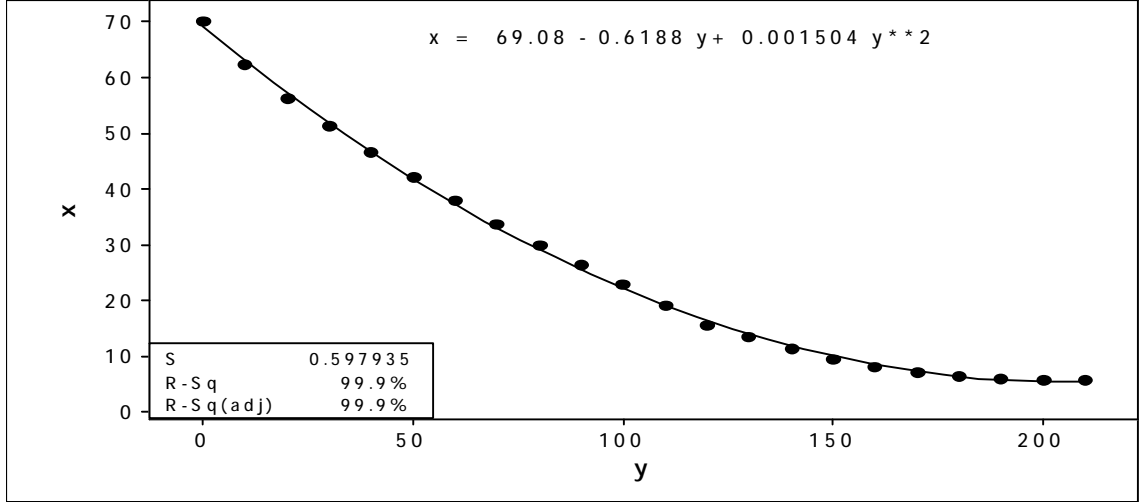
Şekil 33. Havucun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



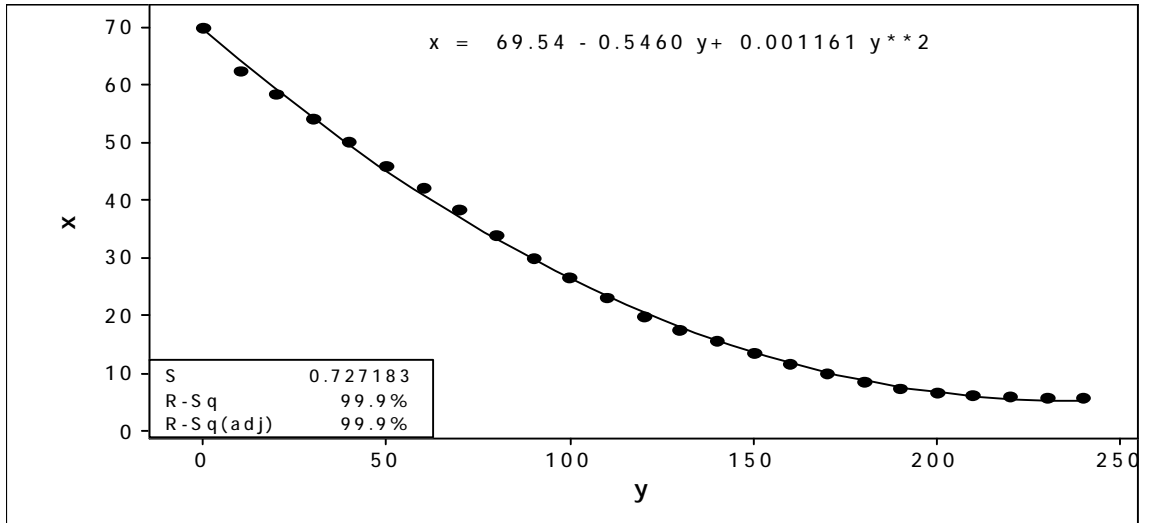
Şekil 34. Havucun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



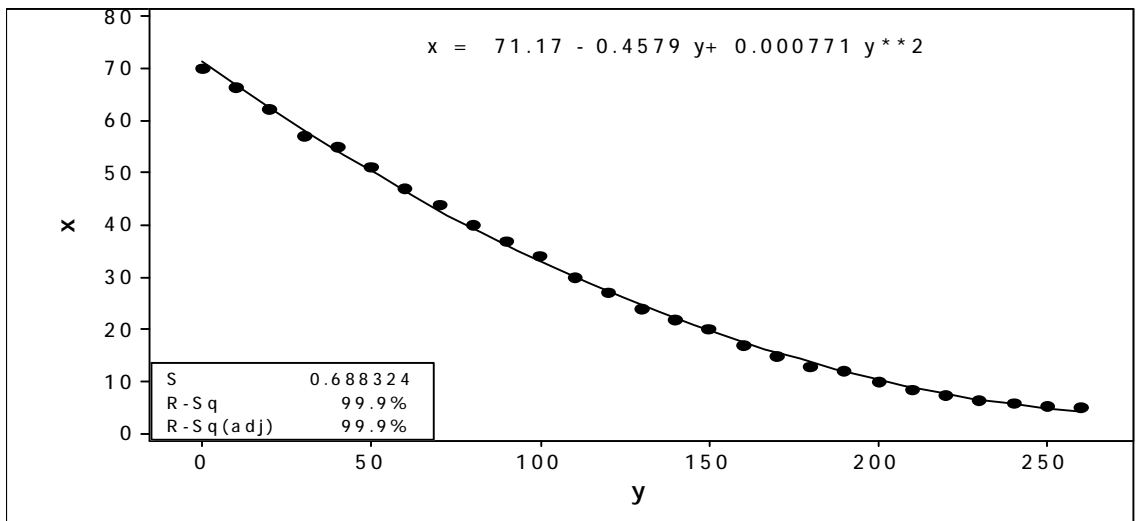
Şekil 35. 55 °C’de vakumla kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı



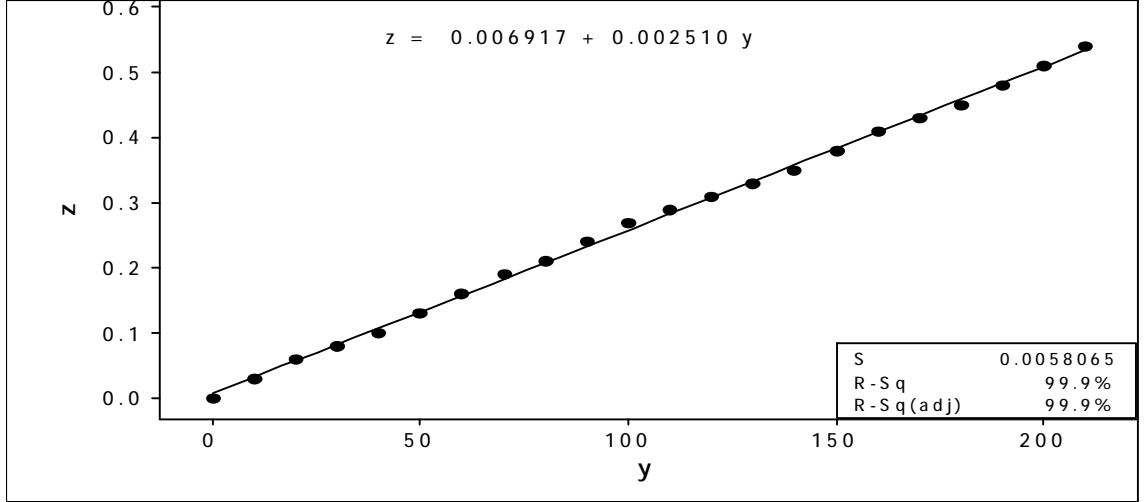
Şekil 36. 55 °C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



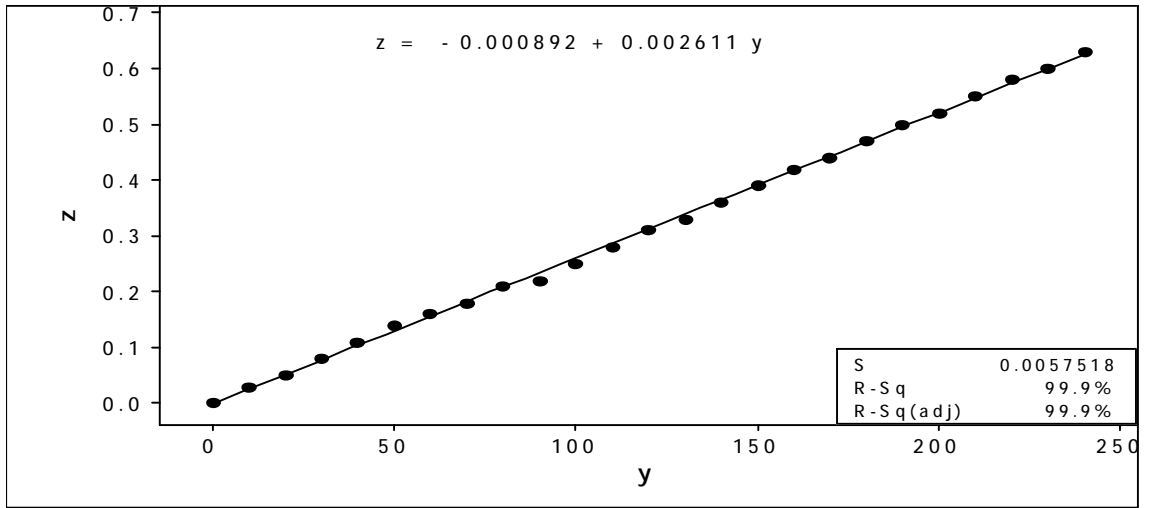
Şekil 37. 55 °C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



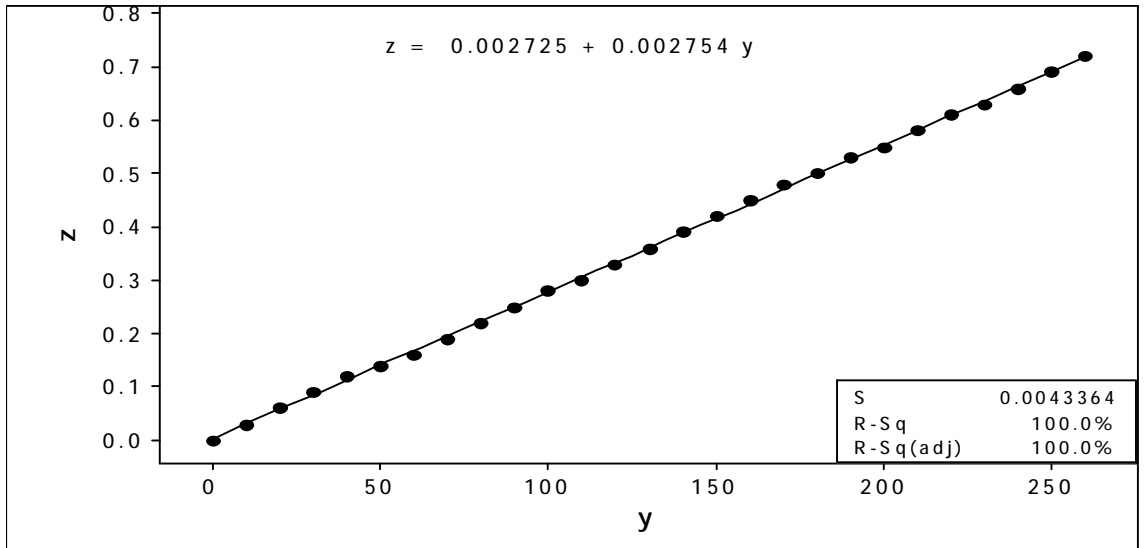
Şekil 38. 55 °C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 39. 55°C 20 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 40. 55°C 50 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 41. 55°C 75 mmHg'da kurutulan havucun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

4.1.2. Elmanın Vakumla Kurutulması

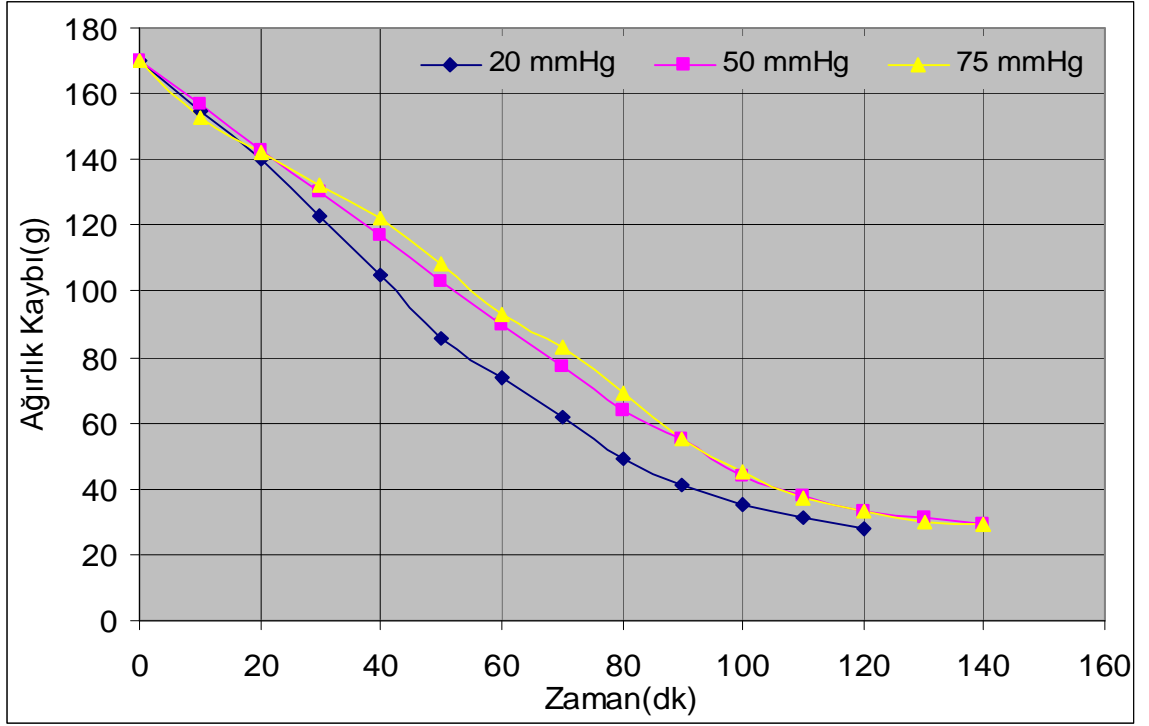
Elmanın vakumla kurutulmasında üç farklı sıcaklık ve üç farklı vakum seviyesi kullanılmıştır.

4.1.2.1. Elmanın 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

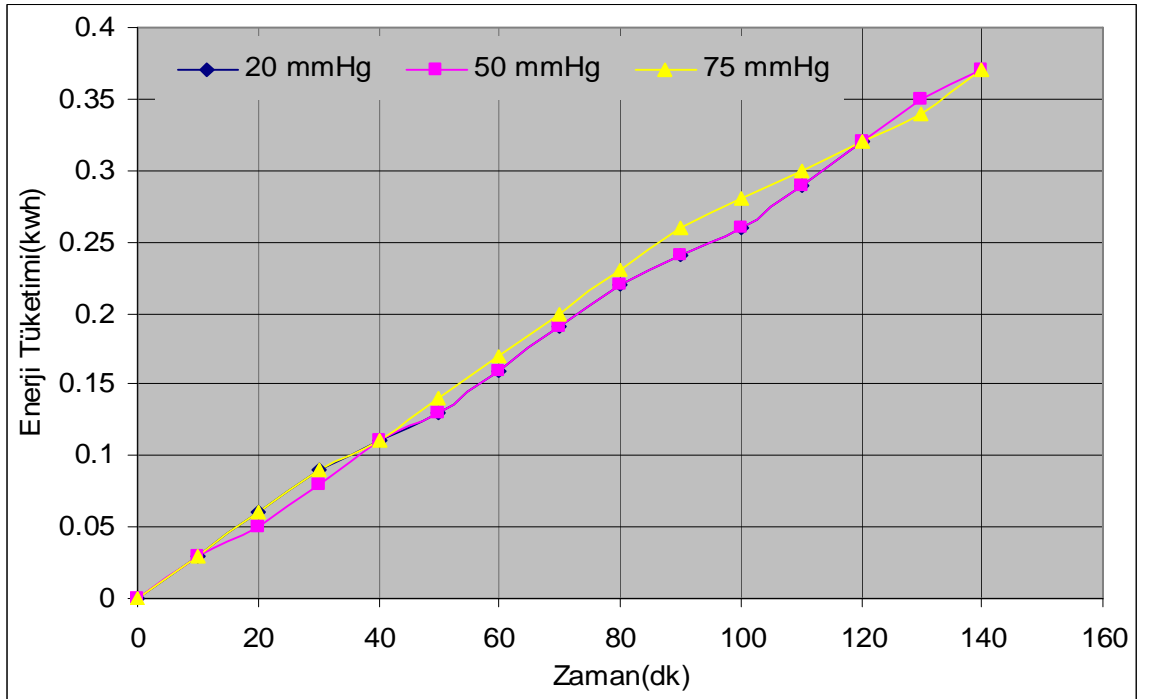
Elmalar oksitlenmemesi için %0.3’lük sitrik asit çözeltisi içine batırılmıştır. Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan elma, her bir deney kademesinde 170 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 24 ila 30 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 120 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 28 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 75 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 140 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 29 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 75 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 140 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 29 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 75 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.32 kWh, 75 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.37 kWh, 75 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.37 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %75 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

Elmanın 75 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 42’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 43’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 44’te, nemi geri alma miktarı Şekil 45’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin kuadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.9 bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.7 ile 100.0 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 46, 47, 48, 49, 50 ve

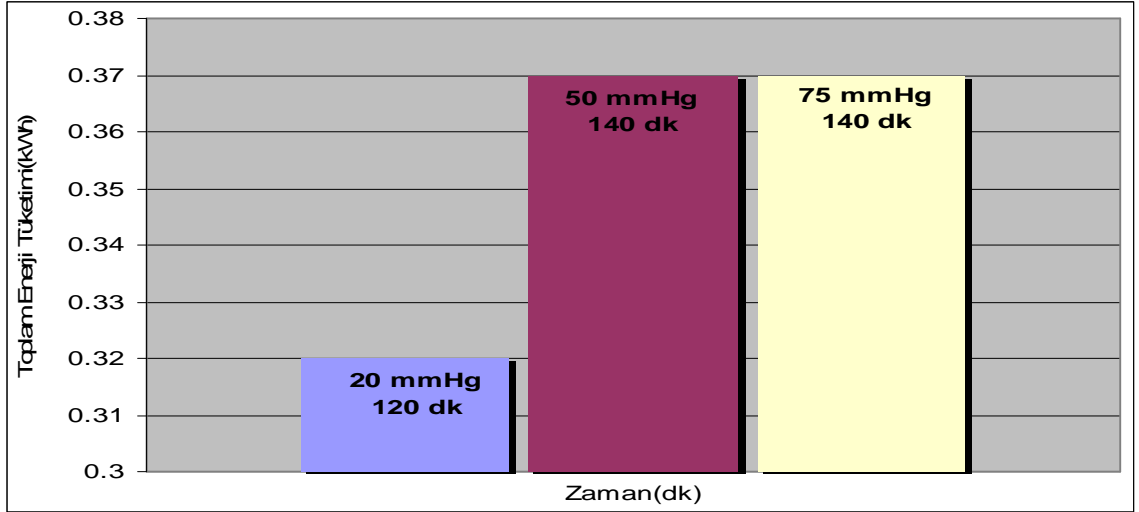
Şekil 51’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



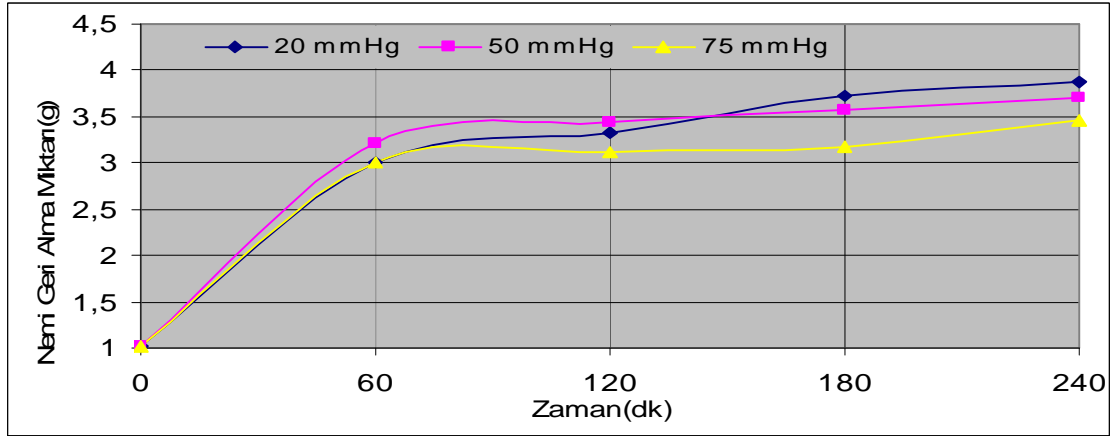
Şekil 42. Elmanın 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



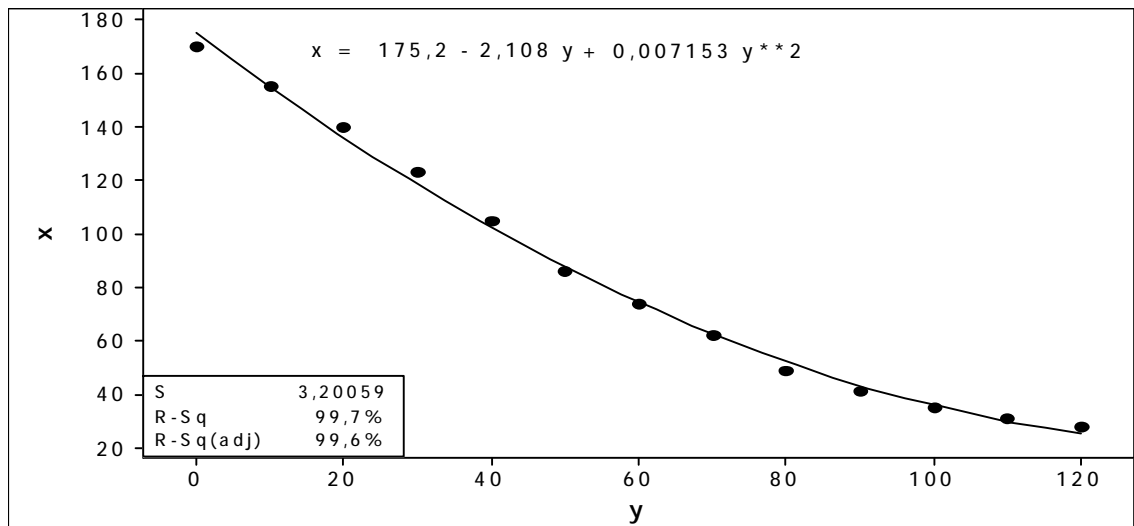
Şekil 43. Elmanın 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



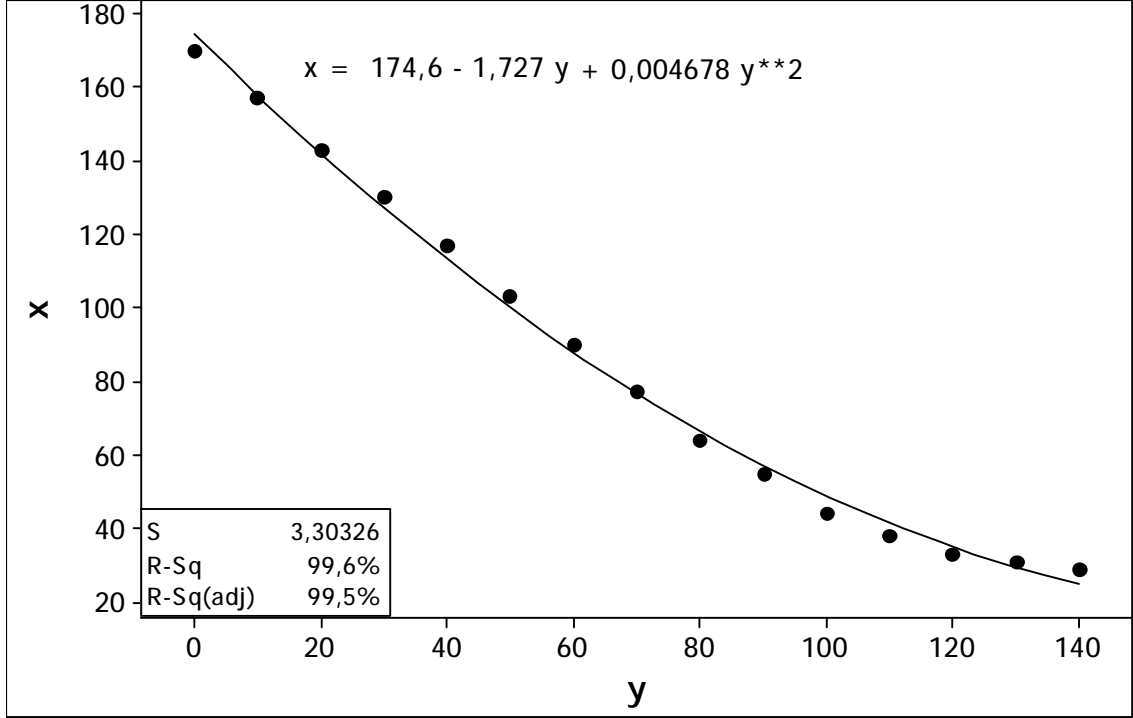
Şekil 44. Elmanın 75 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



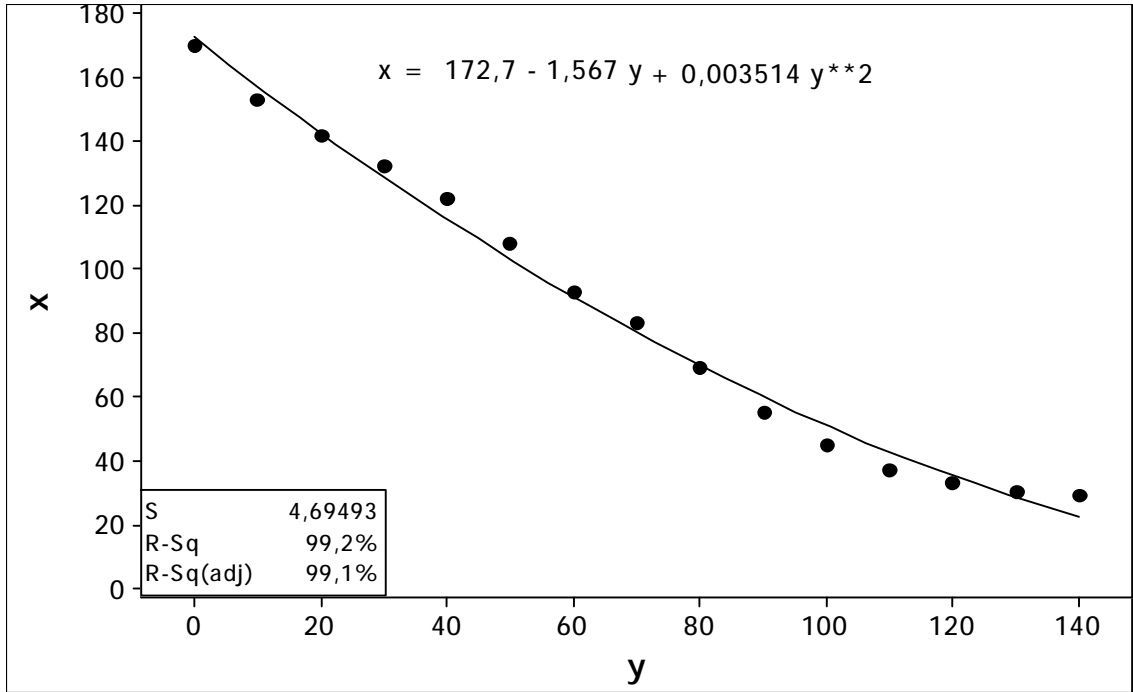
Şekil 45. 75 °C'de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı



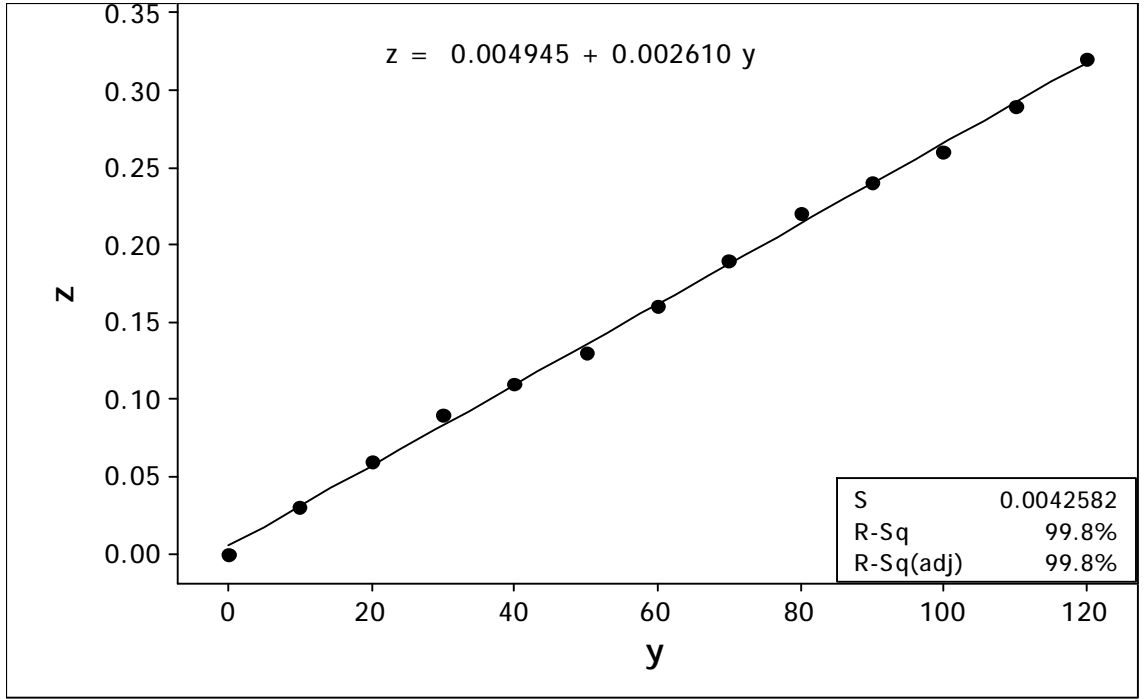
Şekil 46. 75 °C 20 mmHg'da kurutulmuş elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



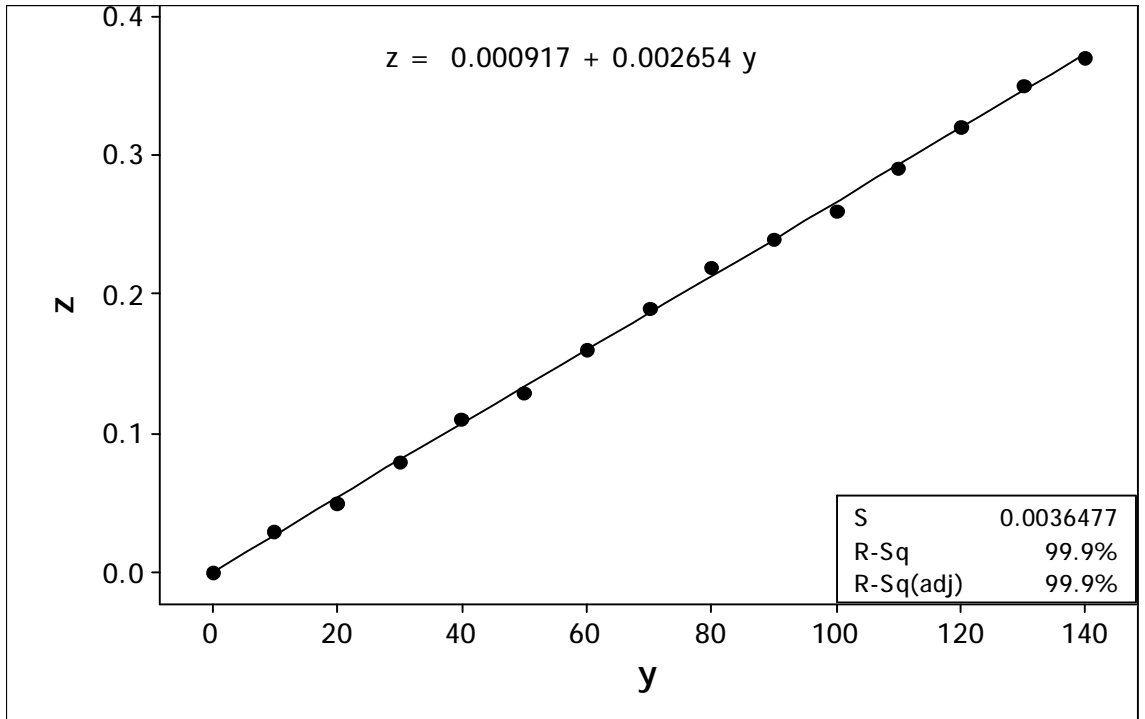
Şekil 47. 75 °C 50 mmHg'da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



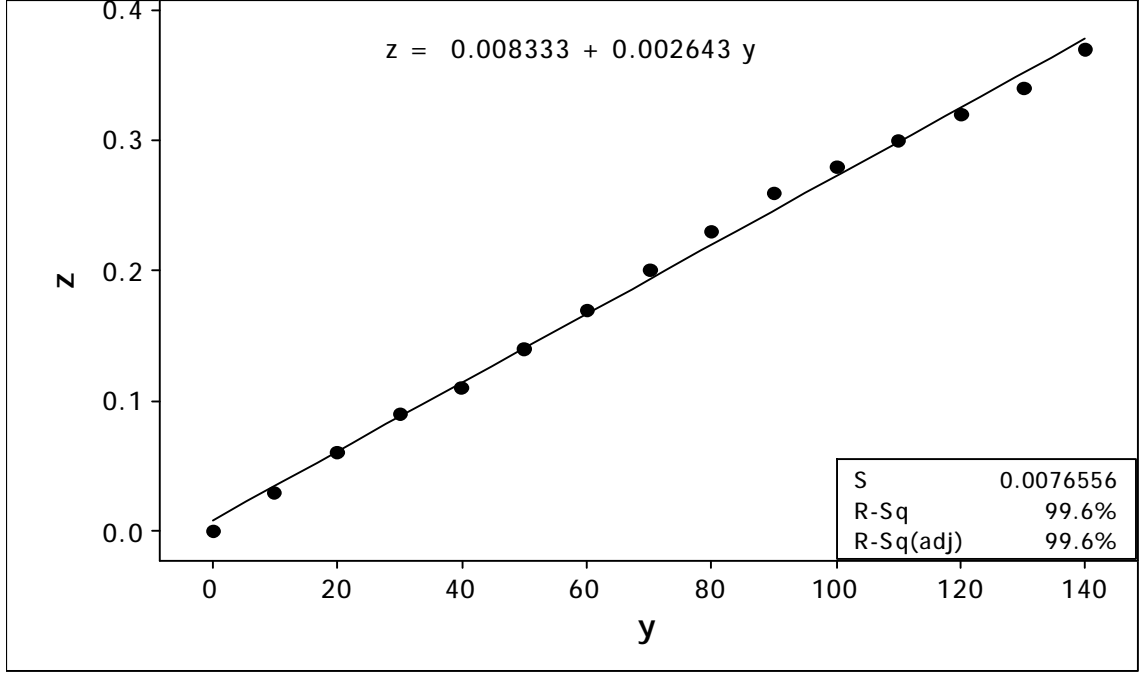
Şekil 48. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 49. 75 °C 20 mmHg'da kurutulmuş elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 50. 75 °C 50 mmHg'da kurutulmuş elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



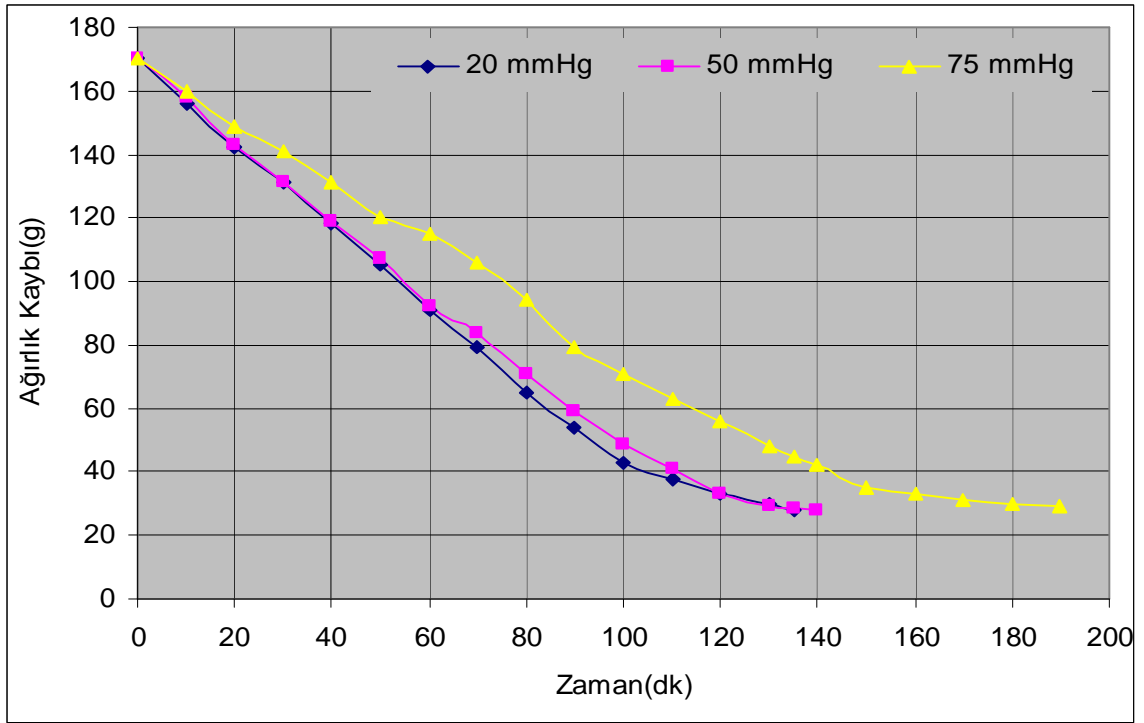
Şekil 51. 75 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

4.1.2.2. Elmanın 65 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

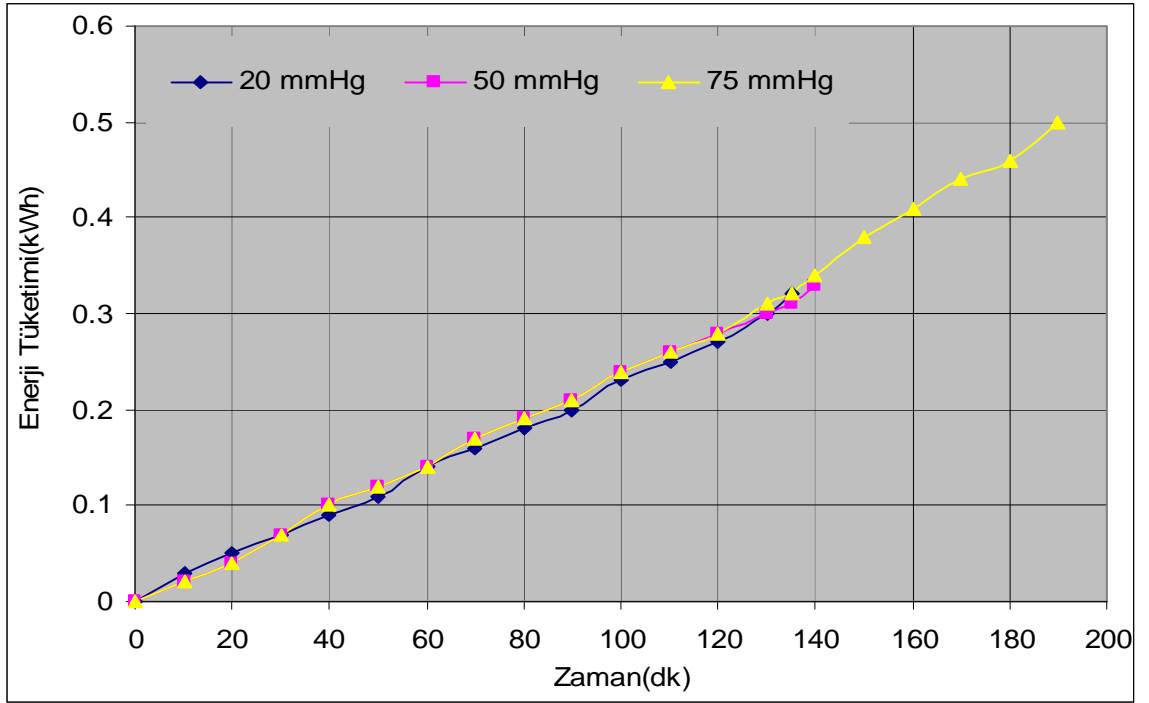
Elmalar oksitlenmemesi için %0.3’lük sitrik asit çözeltisi içine batırılmıştır. Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan elma, her bir deney kademesinde 170 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 24 ila 30 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 65 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 135 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 28 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 65 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 140 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 28 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 65 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 190 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 29 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 65 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.32 kWh, 65 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.33 kWh, 65 °C ve 75 mmHg

vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.50 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %75 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

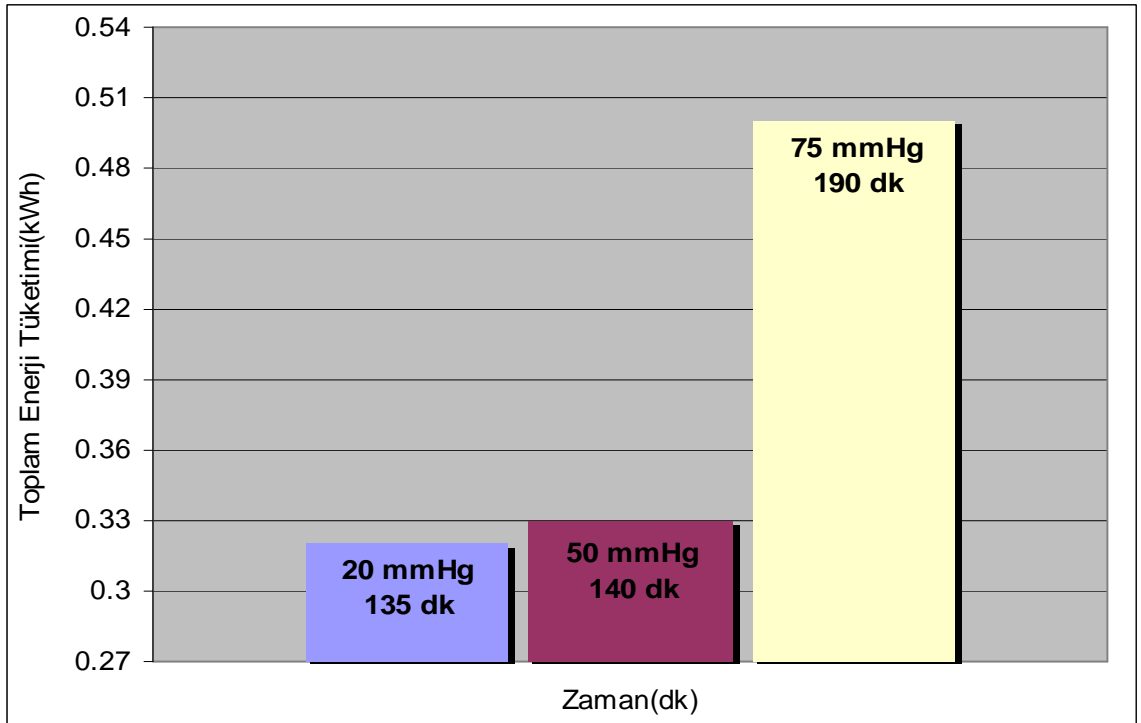
Elmanın 65 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 52’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 53’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 54’te, nemi geri alma miktarı Şekil 55’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.3 ile 99.7 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.6 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 56, 57, 58, 59, 60 ve Şekil 61’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



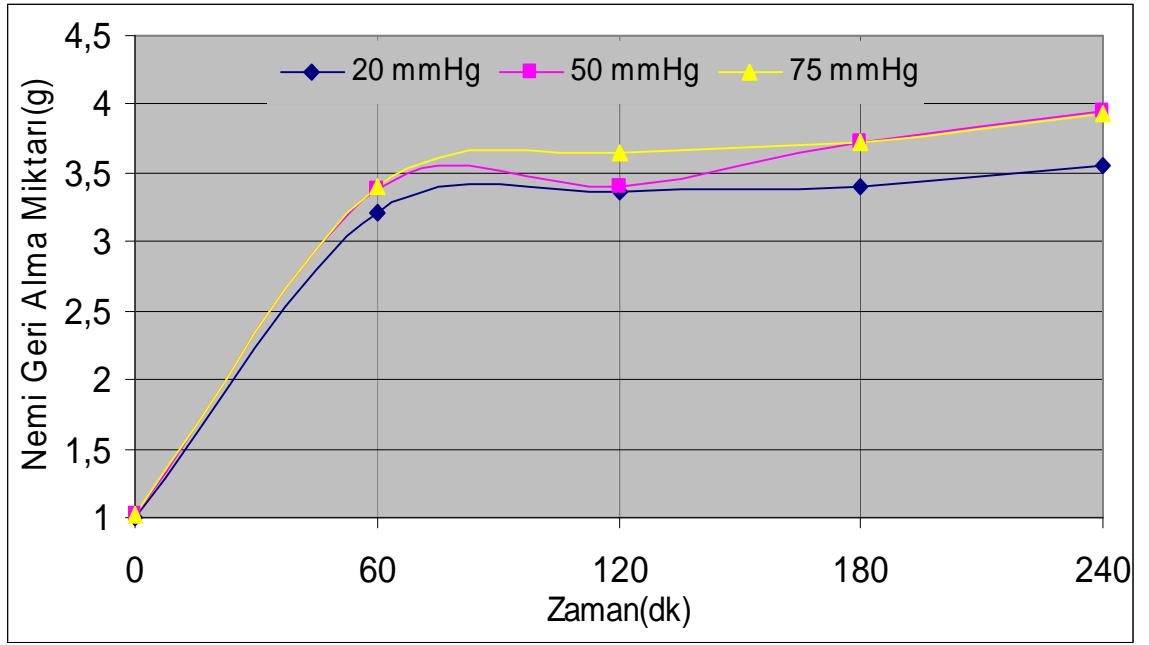
Şekil 52. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



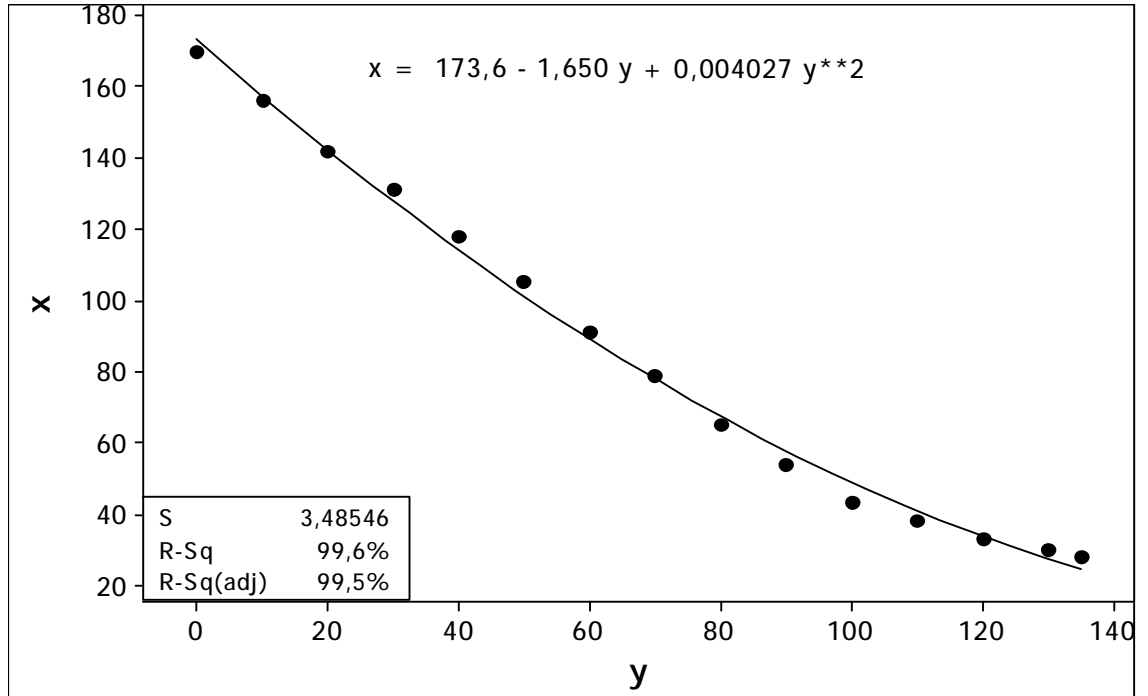
Şekil 53. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



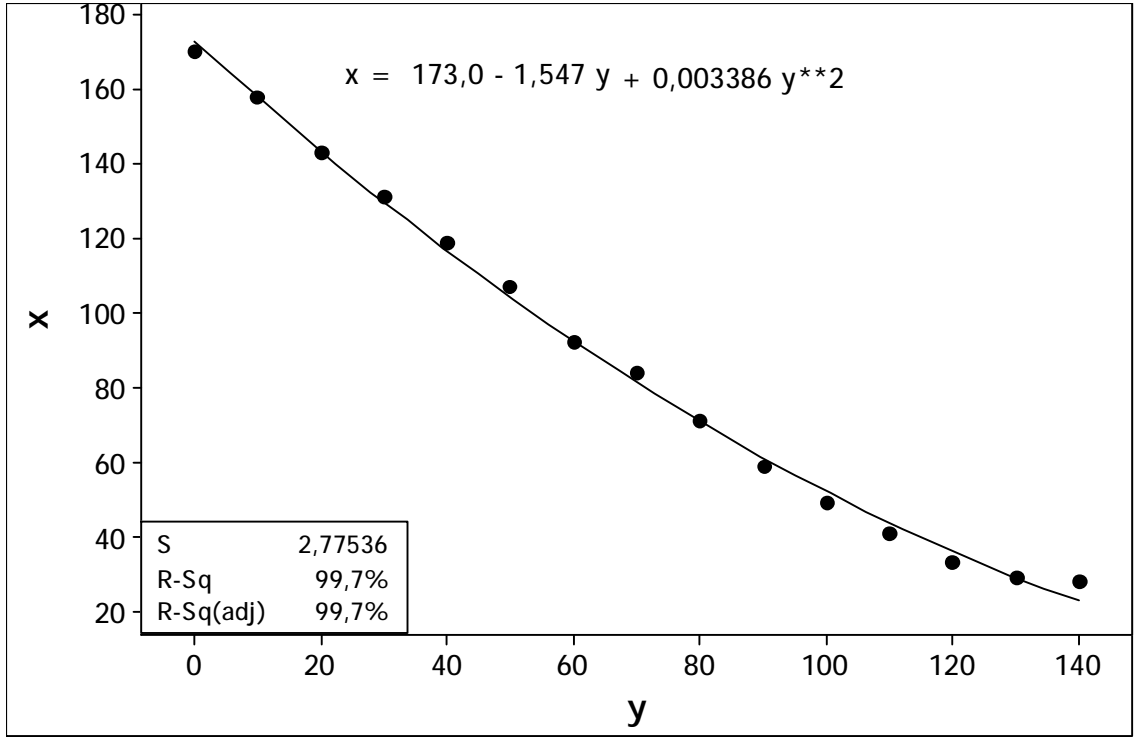
Şekil 54. Elmanın 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



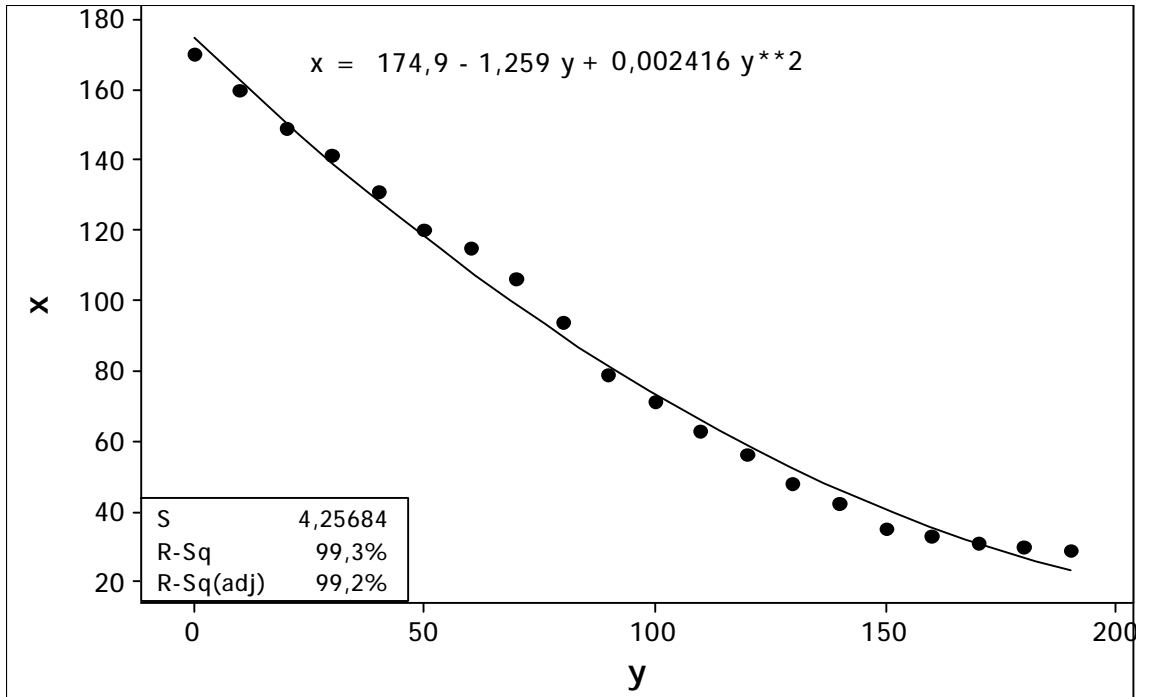
Şekil 55. 65 °C’de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı



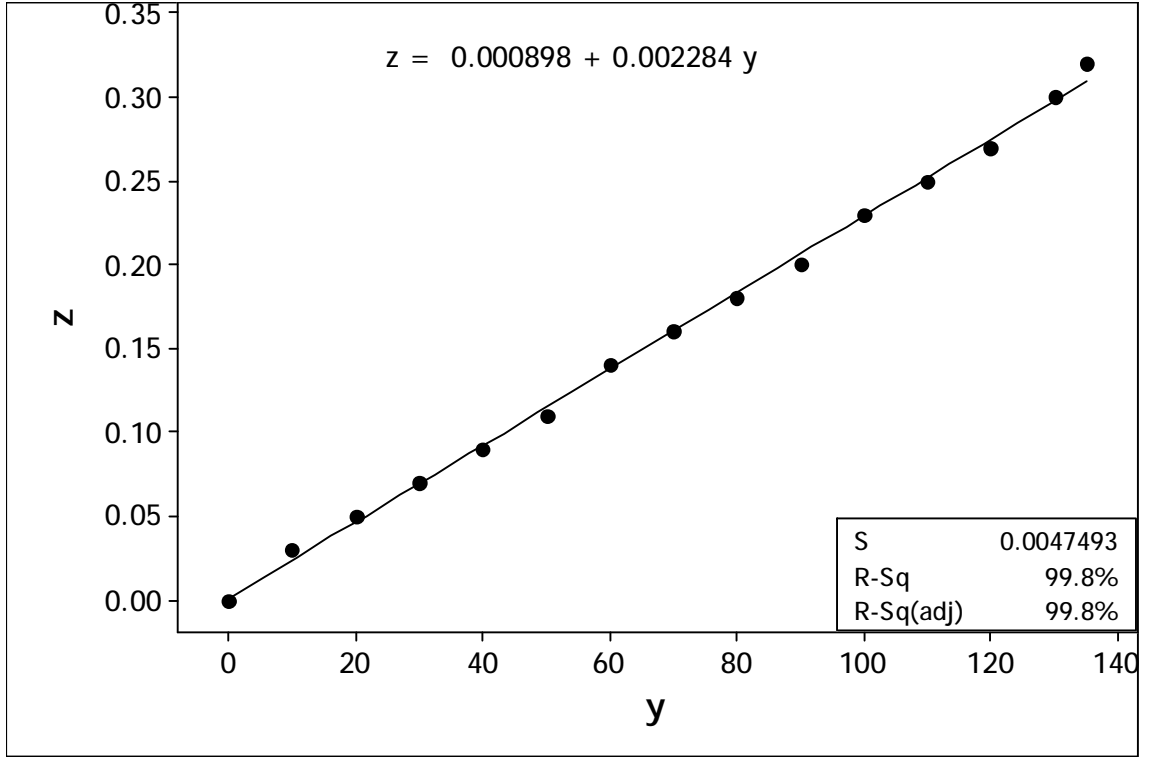
Şekil 56. 65 °C 20 mmHg’da kurutulmuş elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



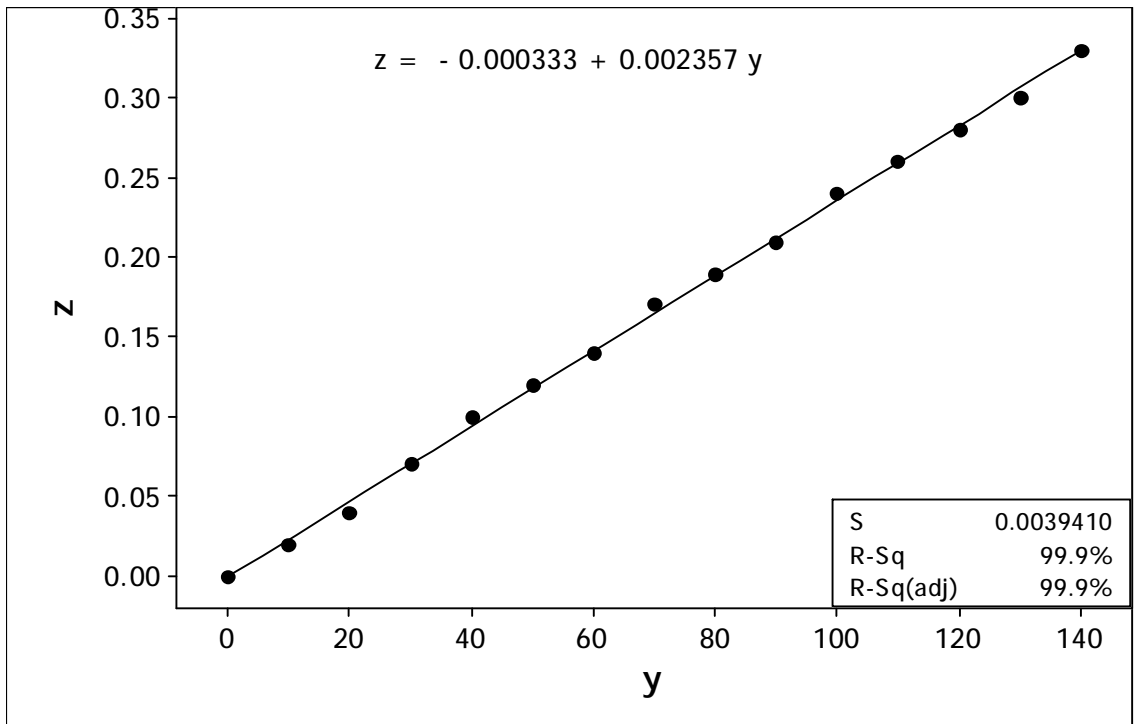
Şekil 57. 65 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



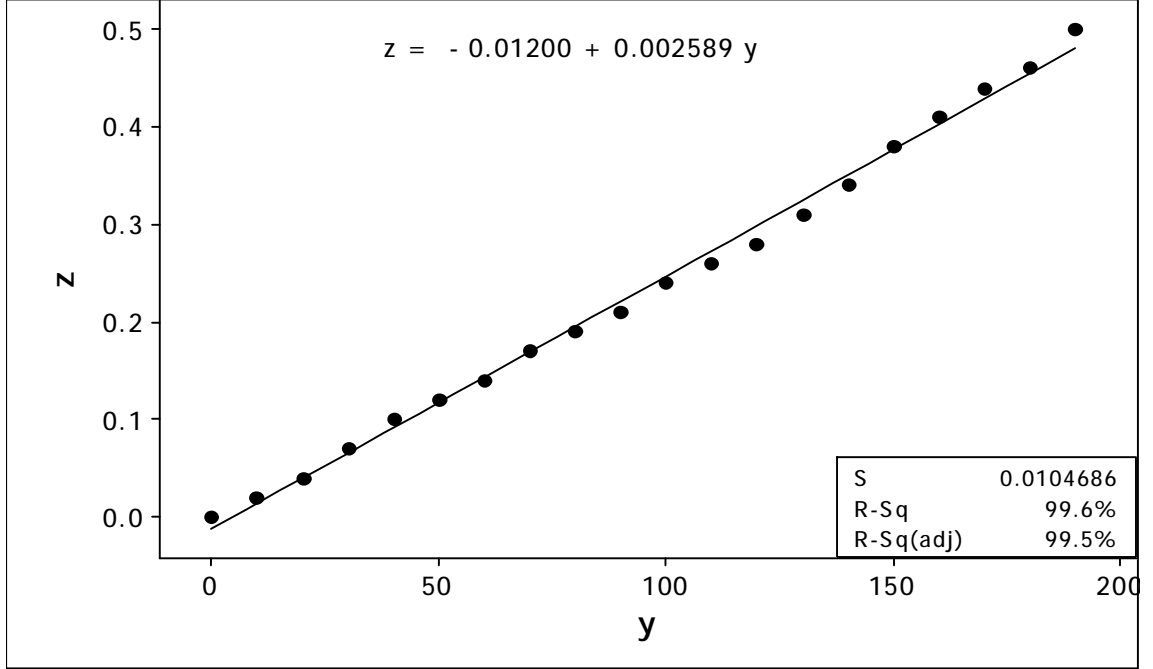
Şekil 58. 65 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 59. 65 °C 20 mmHg'da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 60. 65 °C 50 mmHg'da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



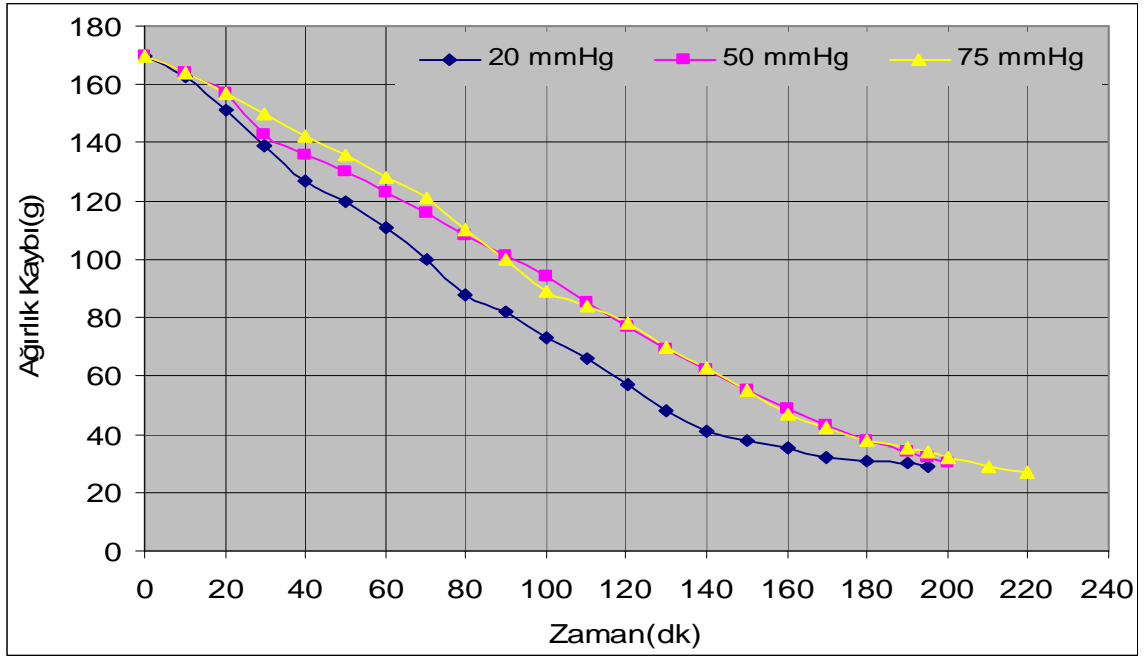
Şekil 61. 65 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

4.1.2.3. Elmanın 55 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

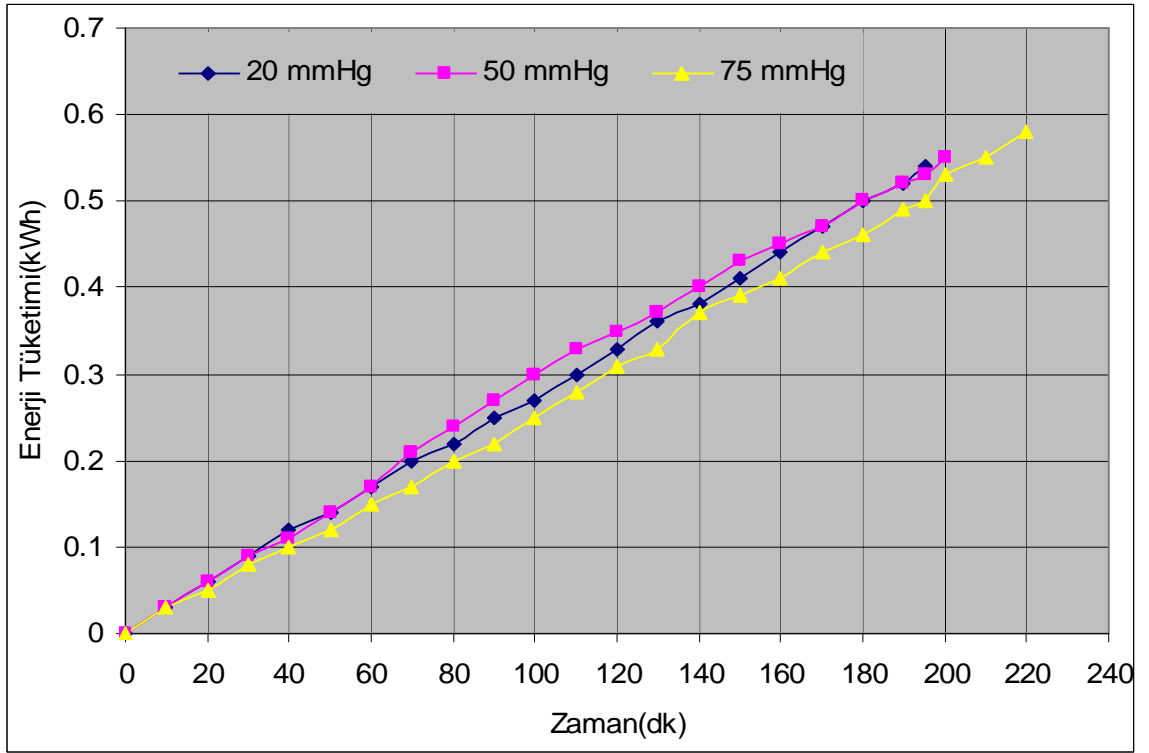
Elmalar oksitlenmemesi için %0.3’lük sitrik asit çözeltisi içine batırılmıştır. Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan elma, her bir deney kademesinde 170 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 24 ila 30 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 55 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 195 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 29 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %14’e düşürülmüştür. 55 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 200 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 30 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %15’e düşürülmüştür. 55 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 220 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 27 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %13’e düşürülmüştür. 55 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.53 kWh, 55 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.55 kWh, 55 °C ve 75 mmHg

vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.58 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %75 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

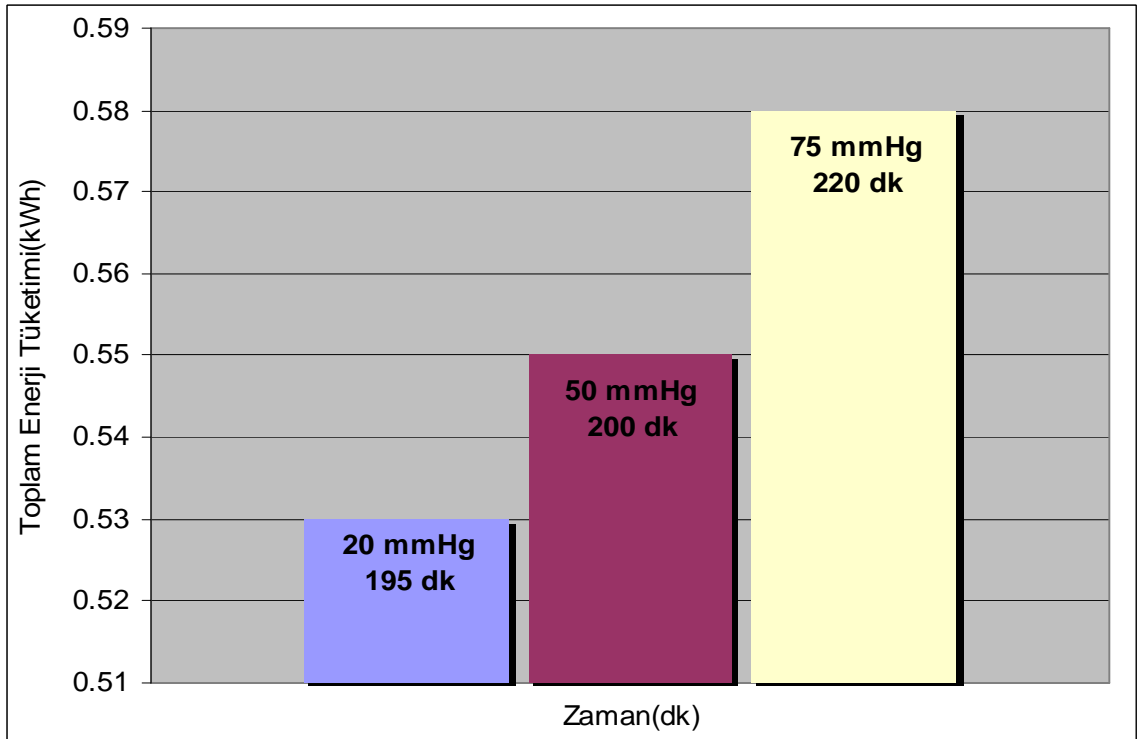
Elmanın 55 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 62’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 63’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 64’te, nemi geri alma miktarı Şekil 65’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.5 ile 99.8 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.7 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 66, 67, 68, 69, 70 ve Şekil 71’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



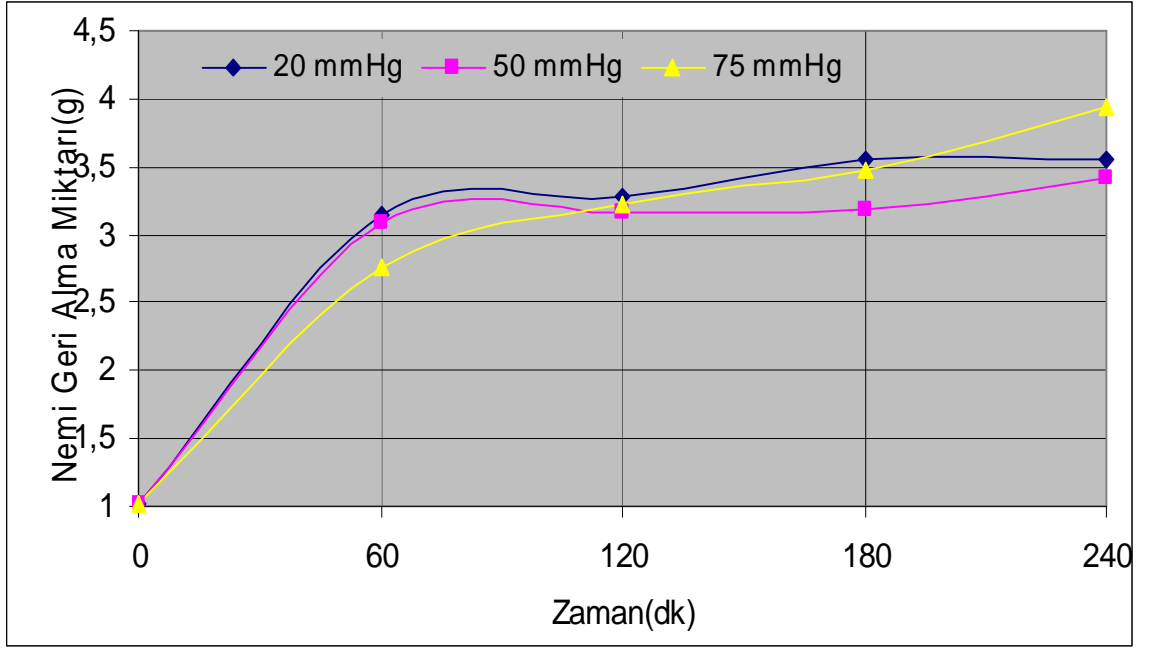
Şekil 62. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



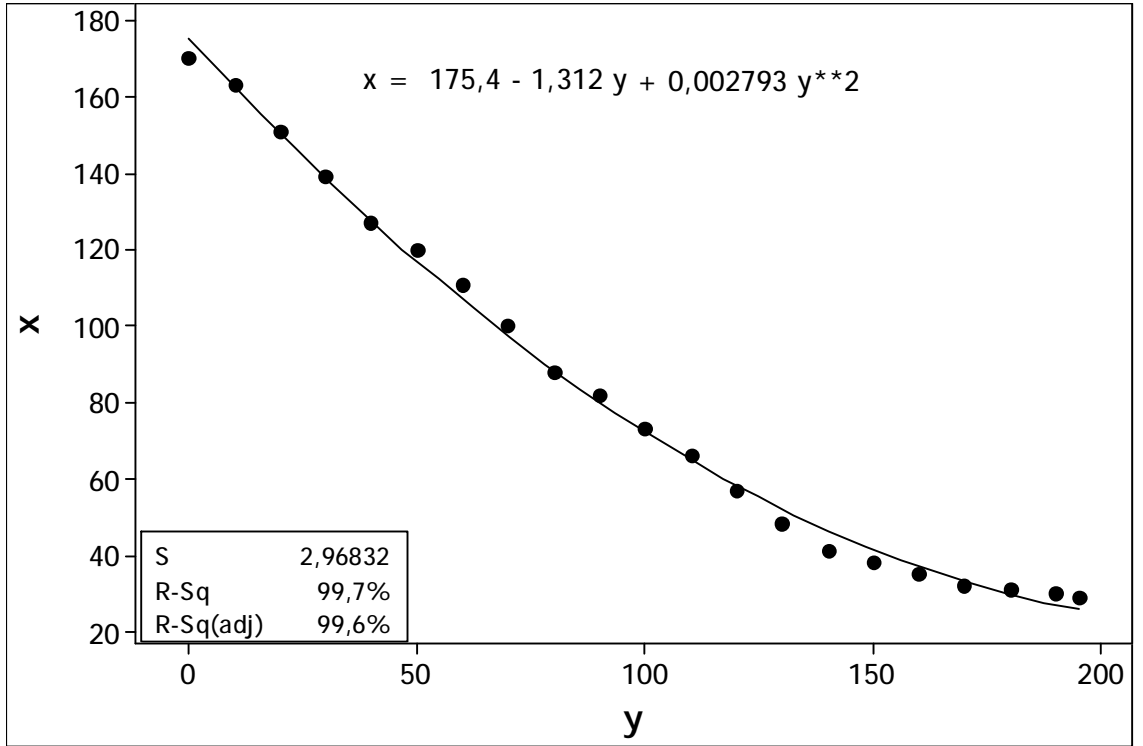
Şekil 63. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



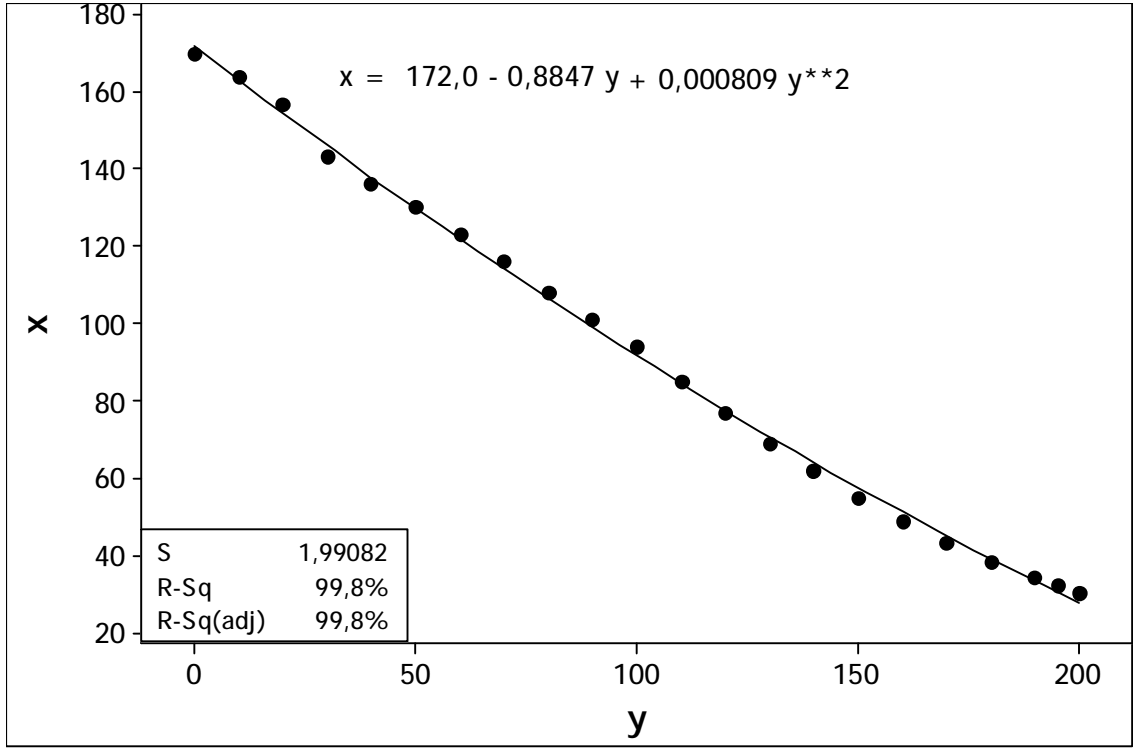
Şekil 64. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



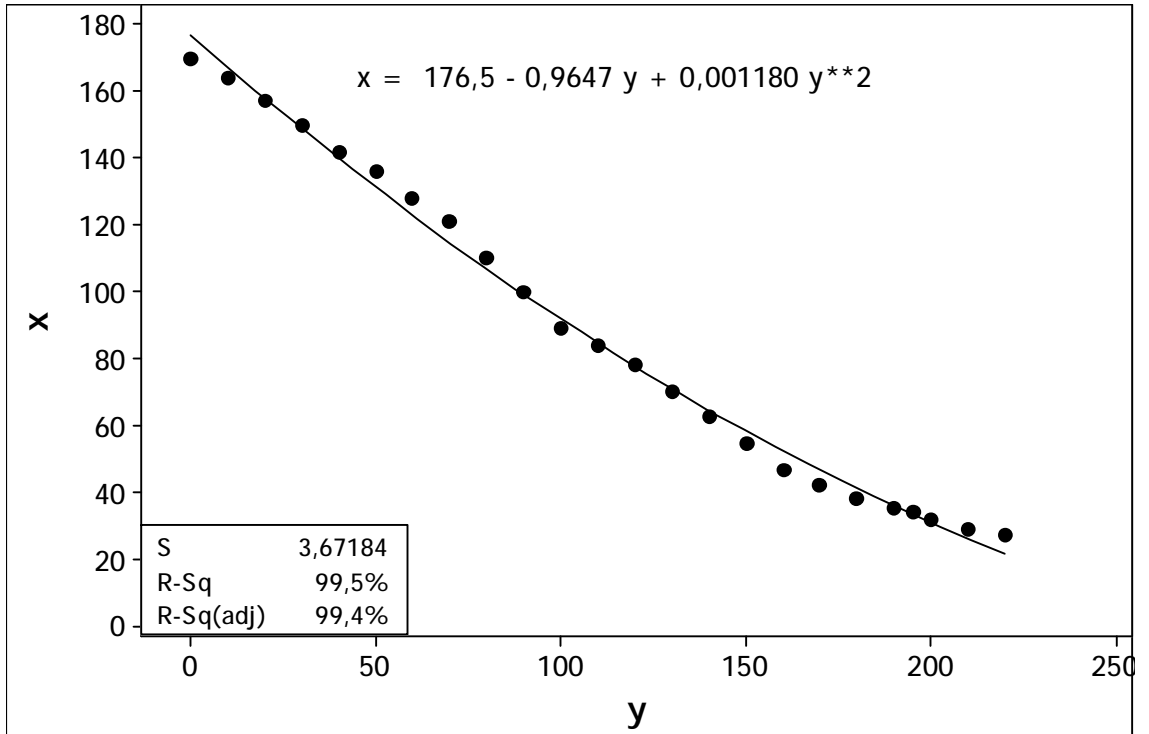
Şekil 65. 55 °C’de vakumla kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı



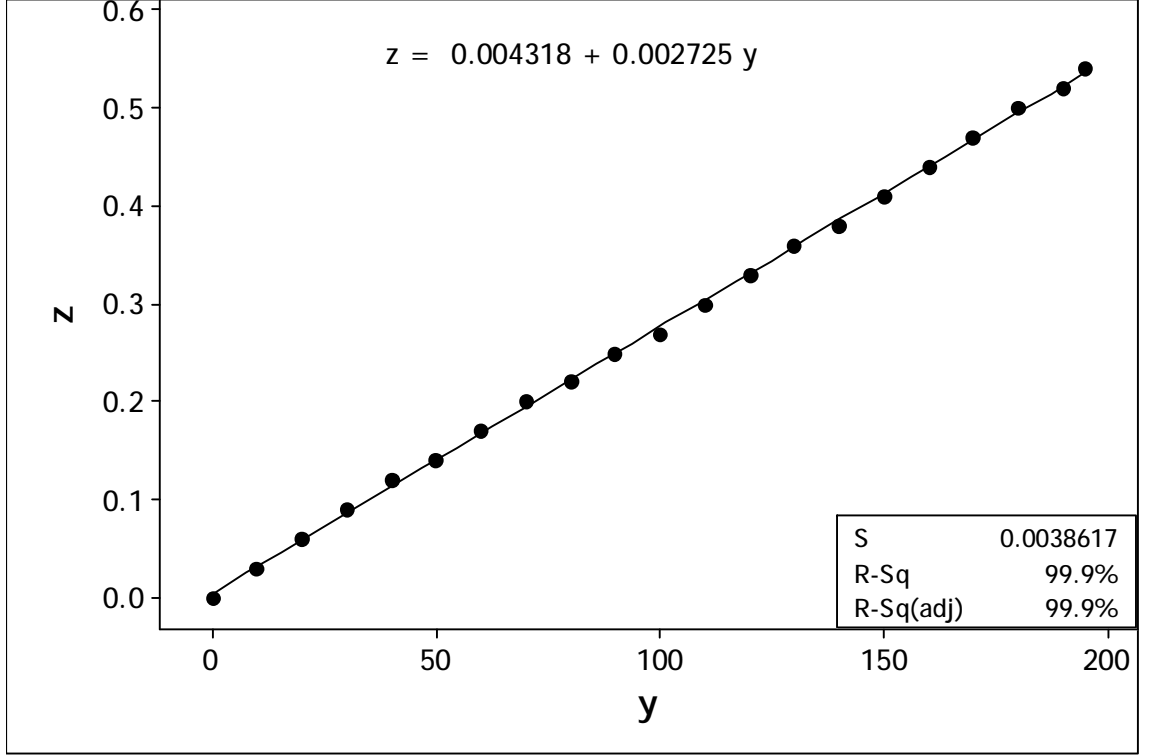
Şekil 66. 55 °C 20 mmHg’da kurutulmuş elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



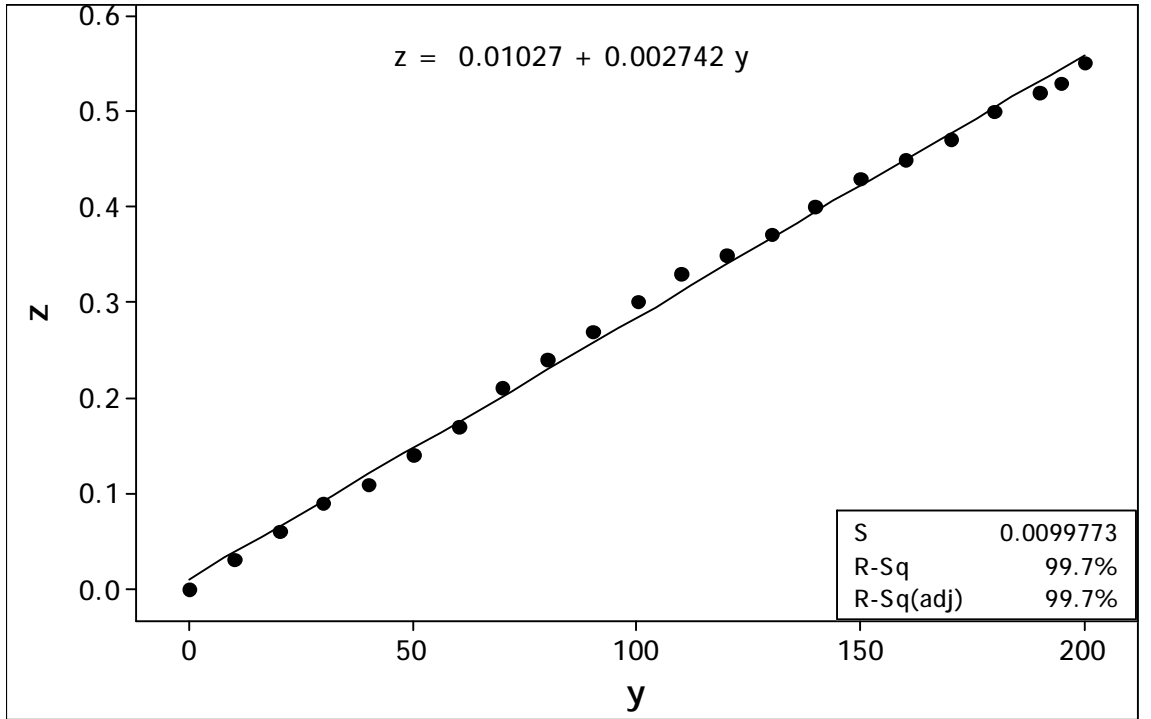
Şekil 67. 55 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



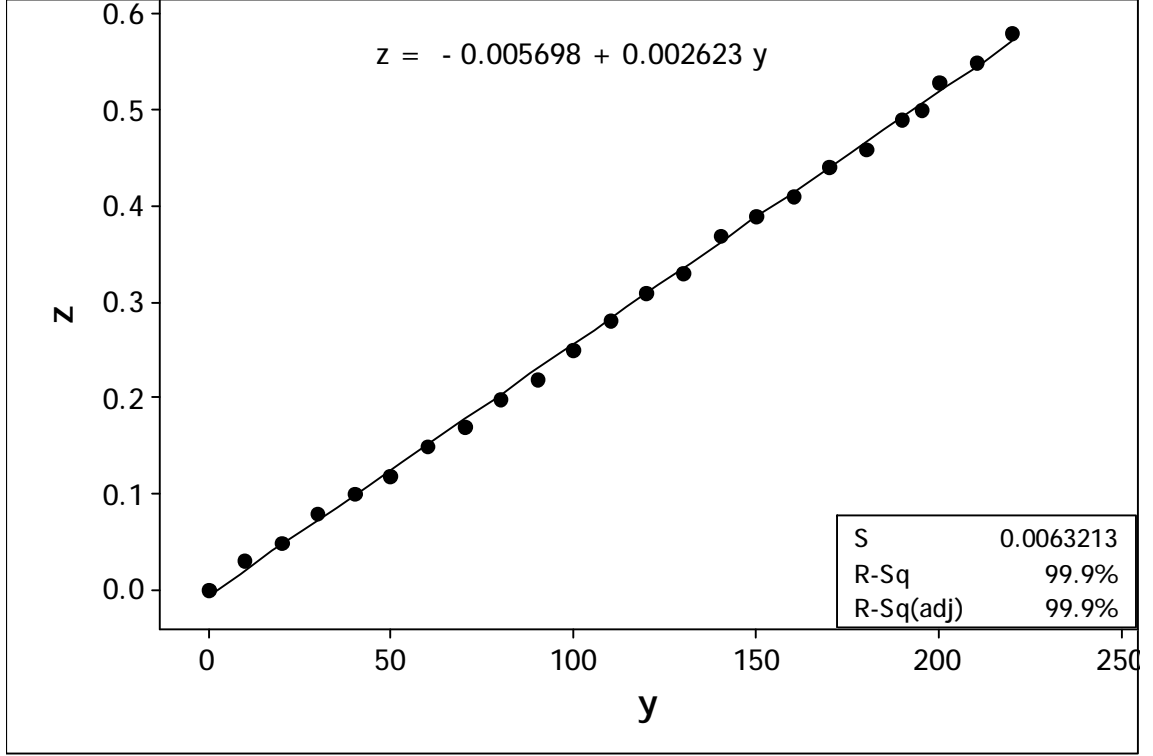
Şekil 68. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 69. 55 °C 20 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 70. 55 °C 50 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 71. 55 °C 75 mmHg’da kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

4.1.3. Maydanozun Vakumla Kurutulması

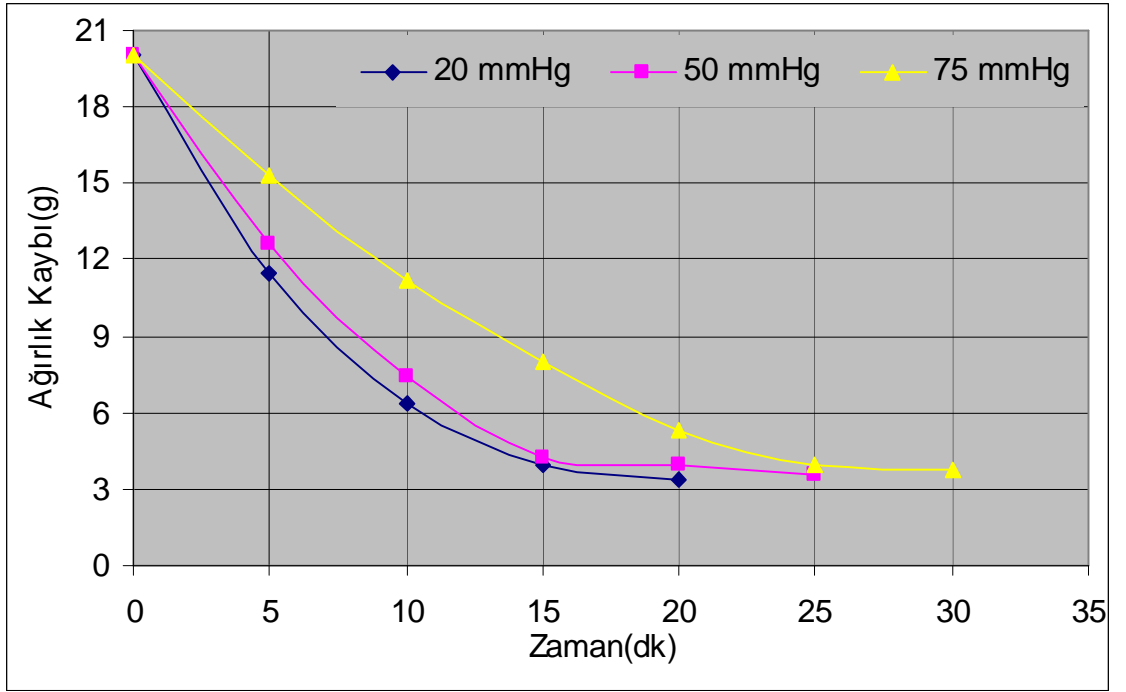
Maydanozun vakumla kurutulmasında üç farklı sıcaklık ve üç farklı vakum seviyesi kullanılmıştır.

4.1.3.1. Maydanozun 75 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

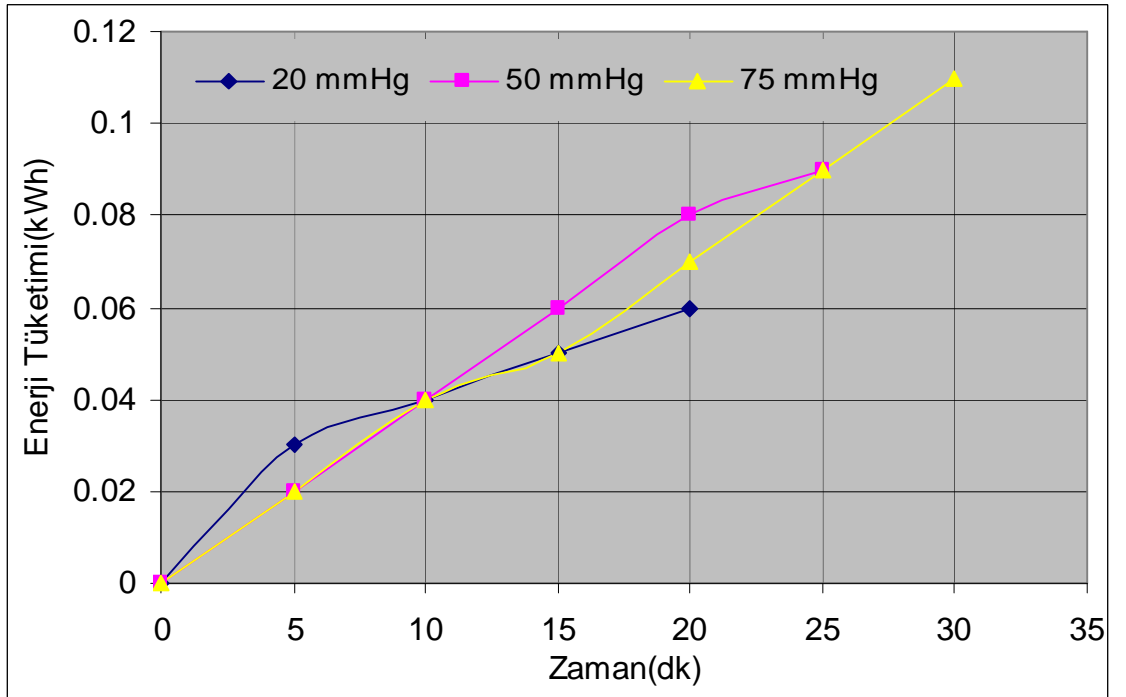
Nemi %83 olan maydanoz, her bir deney kademesinde 20 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 3.4 ila 3.9 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 5 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 20 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.4 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14’e düşürülmüştür. 75 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 25 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.5 g olmuştur. Bu kademedeki

kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14'e düşürülmüştür. 75 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 30 dakika sürmüş ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.7 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %15'e düşürülmüştür. 75 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.06 kWh, 75 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.09 kWh, 75 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.11 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %67 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

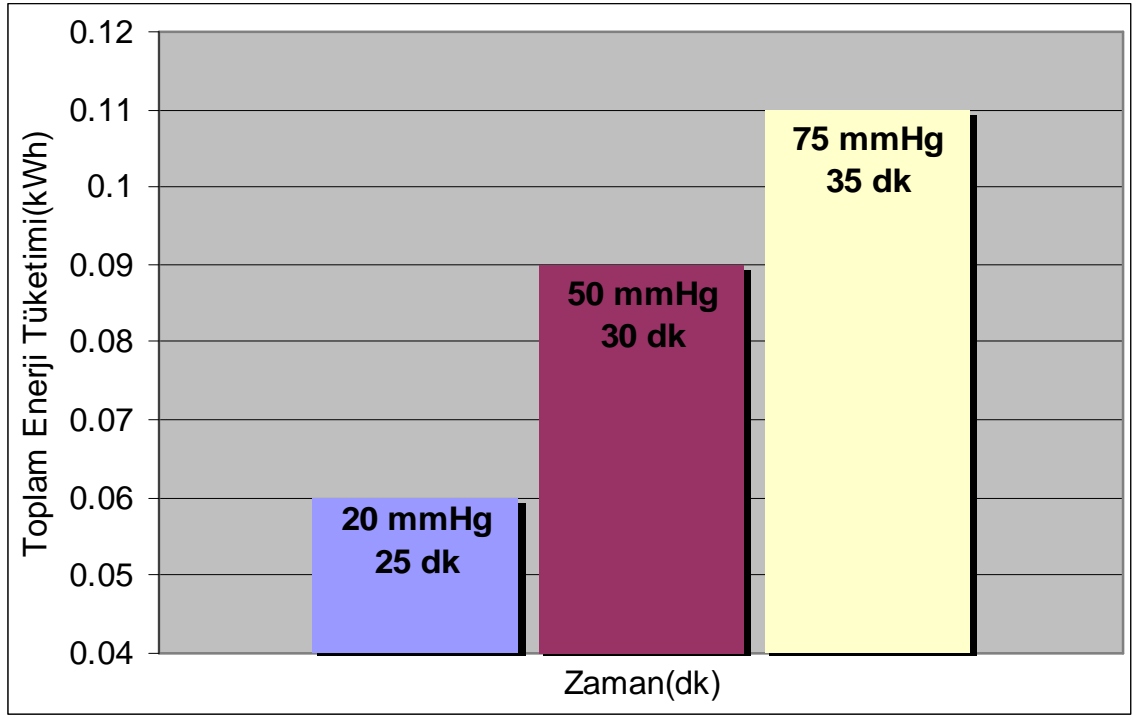
Maydanozun 75 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 72'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 73'te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 74'te, nemi geri alma miktarı Şekil 75'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.6 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ancak 75 °C'de 20 mmHg'da enerji tüketiminin kurutma süresi ile arasındaki ilişki quadratik bulunmuştur ve korelasyon katsayısı 97.8 ile 99.5 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 76, 77, 78, 79, 80 ve Şekil 81'de verilmiştir. Formüllerdeki "y" kurutma süresini, "x" ağırlık kaybını, "z" ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



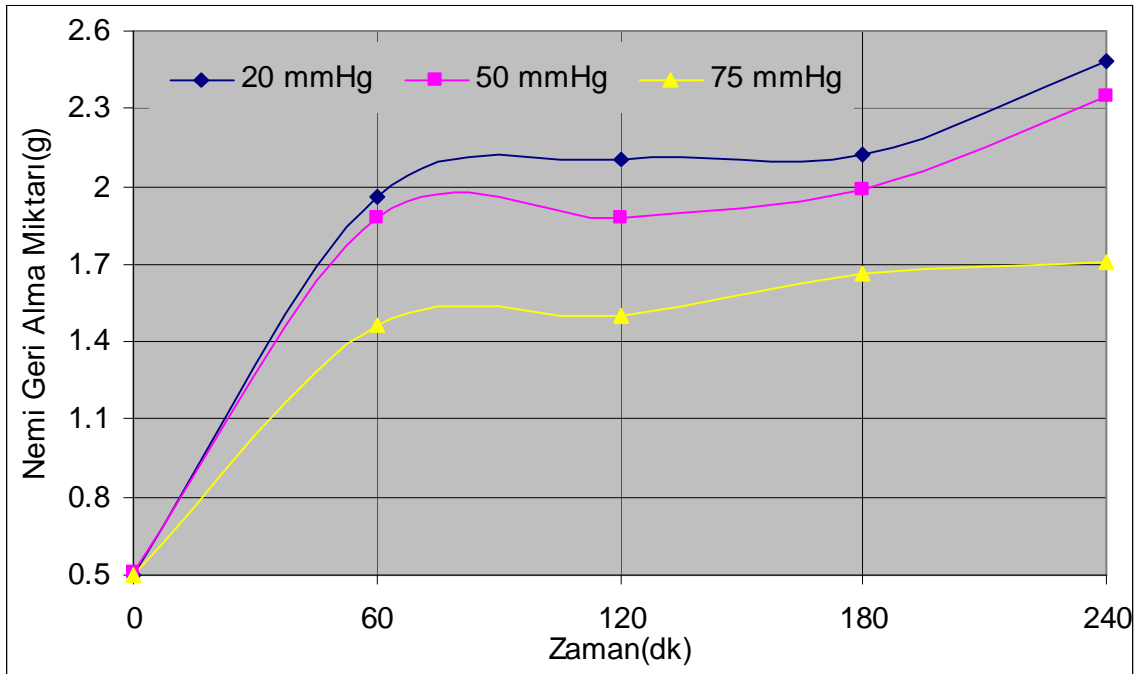
Şekil 72. Maydanozun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



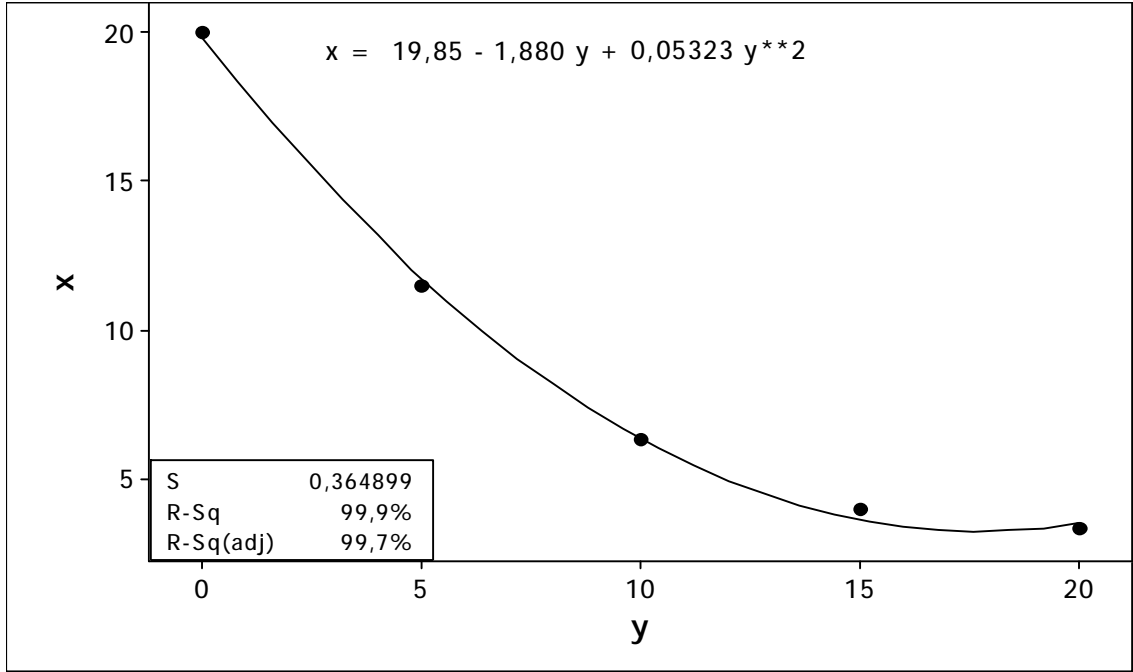
Şekil 73. Maydanozun 75 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



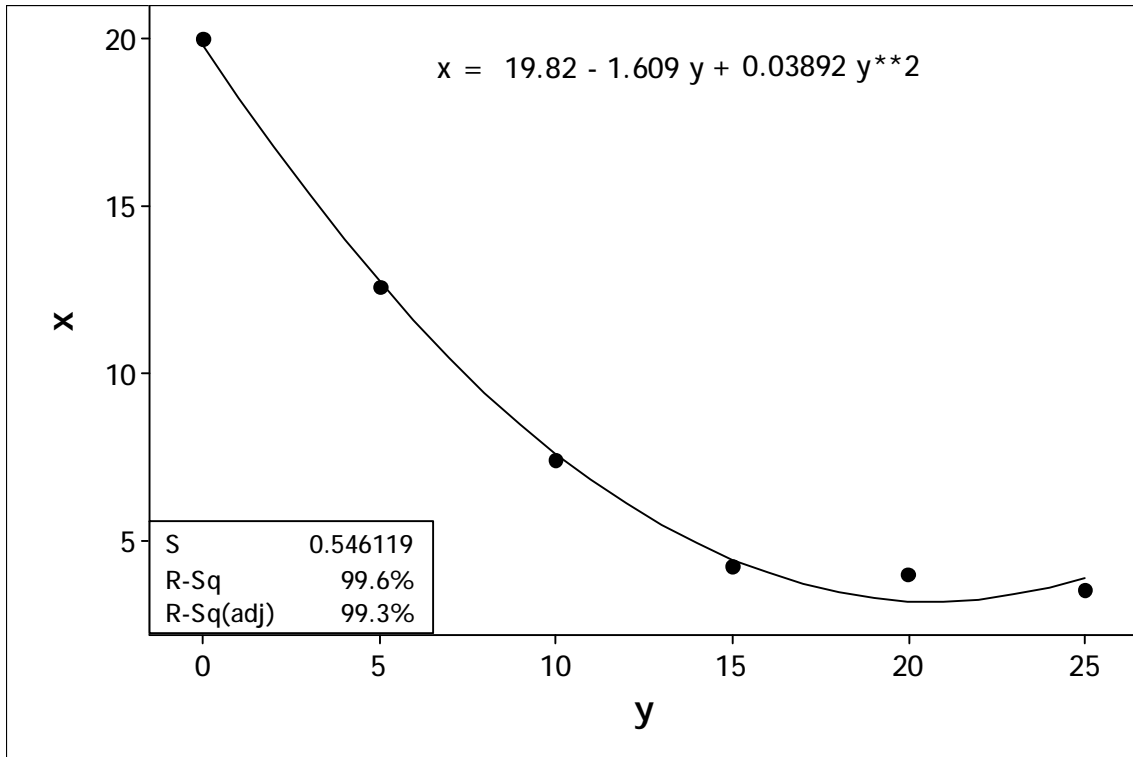
Şekil 74. Maydanozun 75 °C'de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



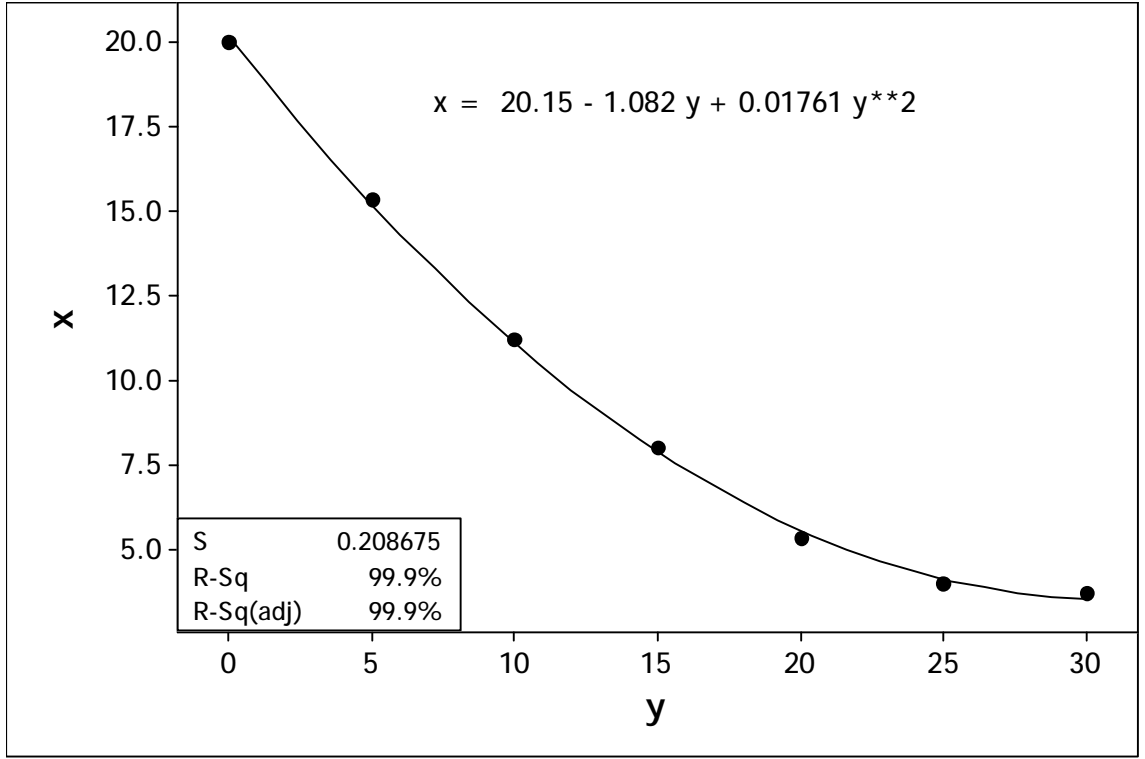
Şekil 75. 75 °C'de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı



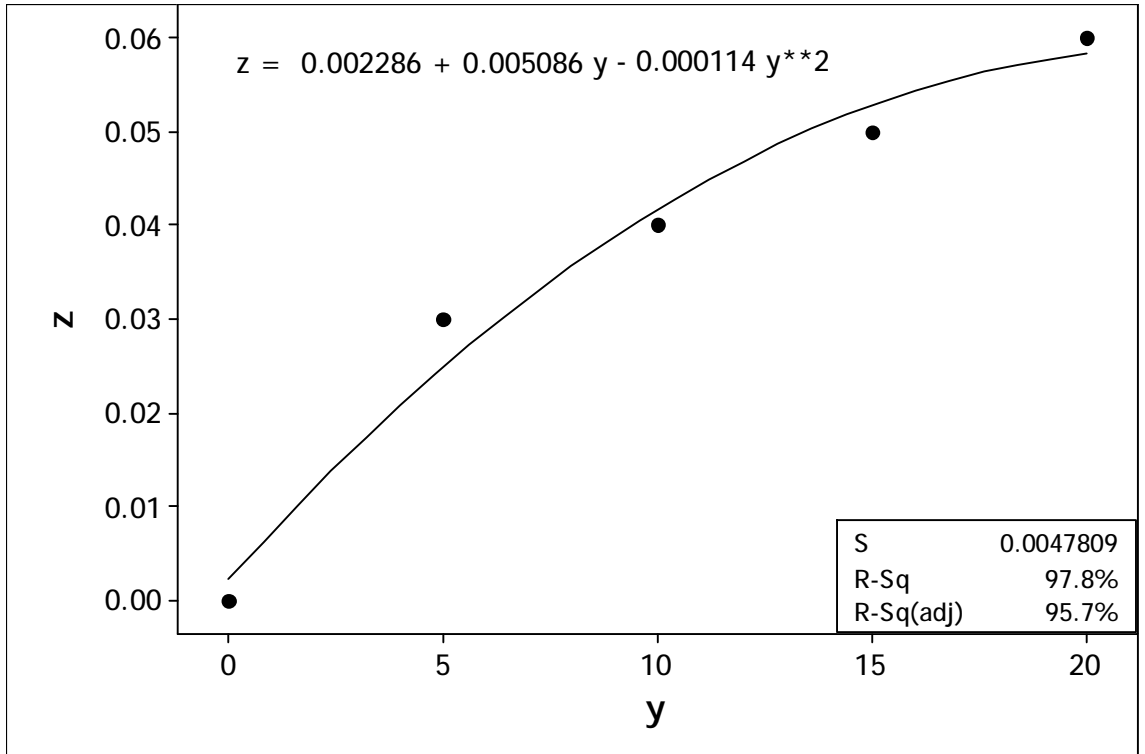
Şekil 76. 75 °C 20 mmHg’da kurutulanan maydanozun zamana bağı ağırlık kaybının regresyon grafiğı



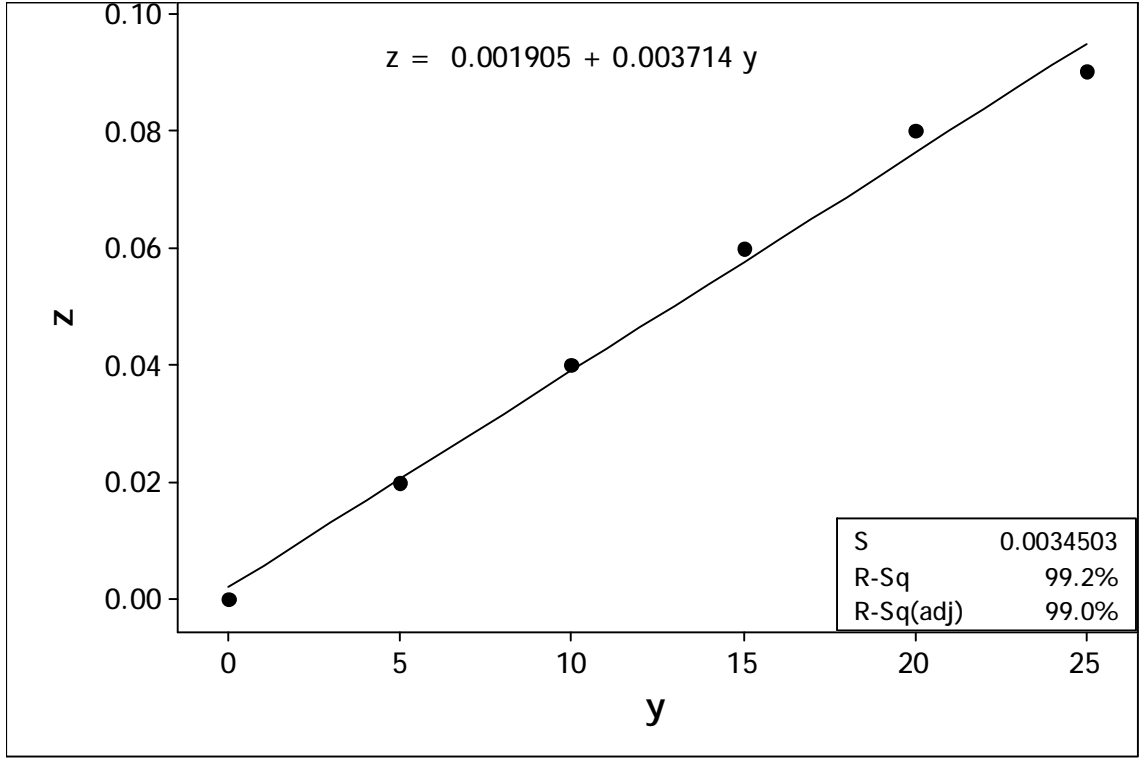
Şekil 77. 75 °C 50 mmHg’da kurutulanan maydanozun zamana bağı ağırlık kaybının regresyon grafiğı



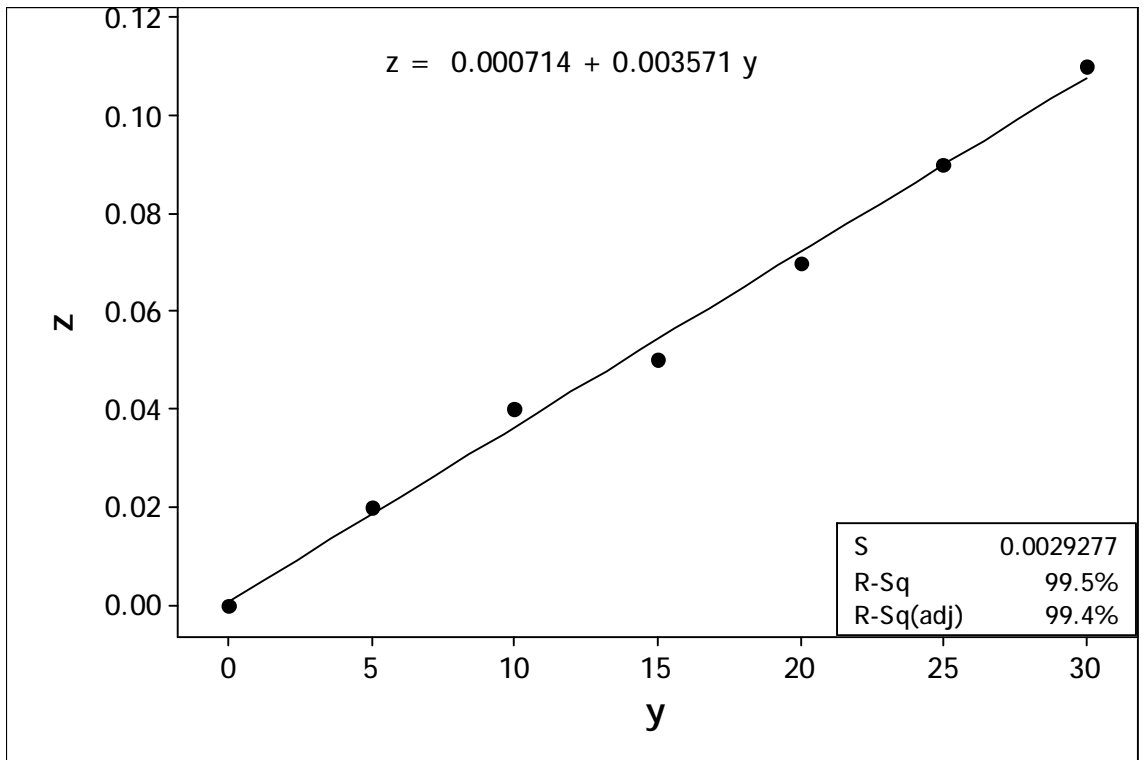
Şekil 78. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 79. 75 °C 20 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği



Şekil 80. 75 °C 50 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği

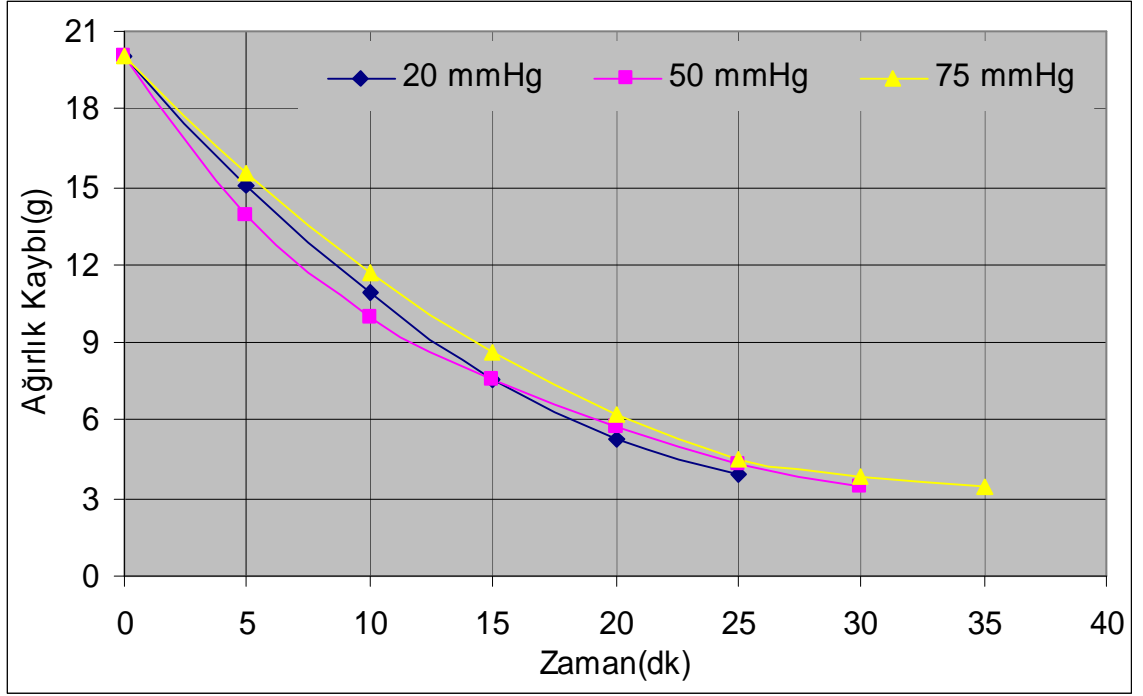


Şekil 81. 75 °C 75 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği

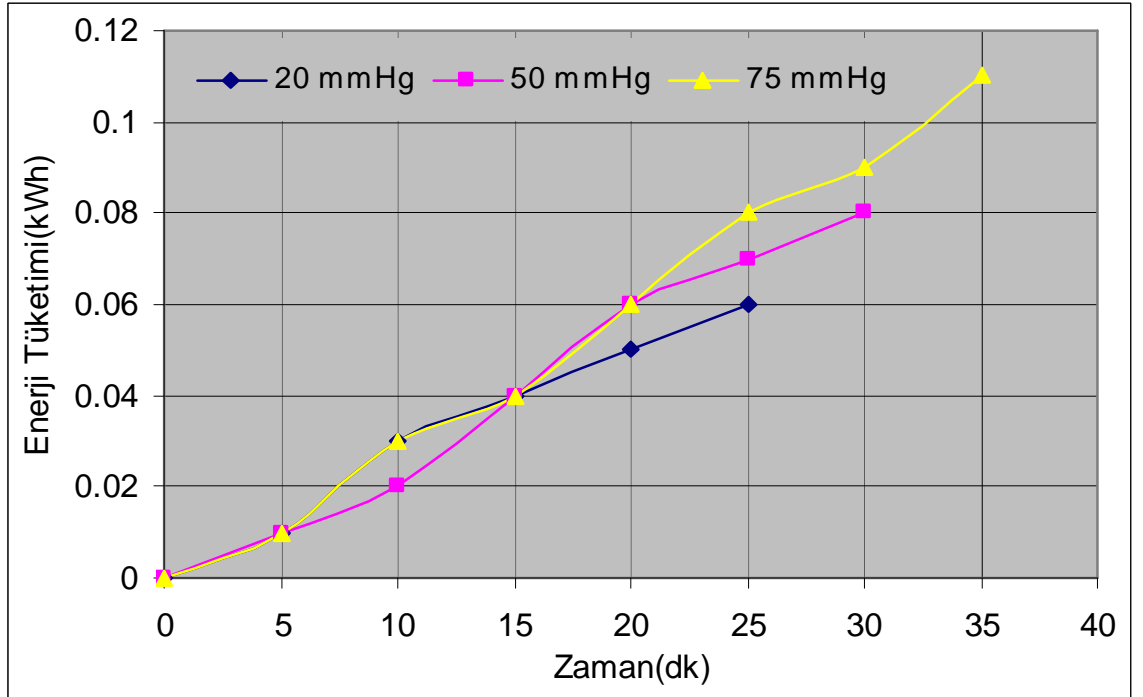
4.1.3.2. Maydanozun 65 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

Nemi %83 olan maydanoz, her bir deney kademesinde 20 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 3.4 ila 3.9 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 5 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 65 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 25 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.9 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %16’ya düşürülmüştür. 65 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 30 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.5 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14’e düşürülmüştür. 65 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 35 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.5 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14’e düşürülmüştür. 65 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.06 kWh, 65 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.08 kWh, 65 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.11 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %67 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

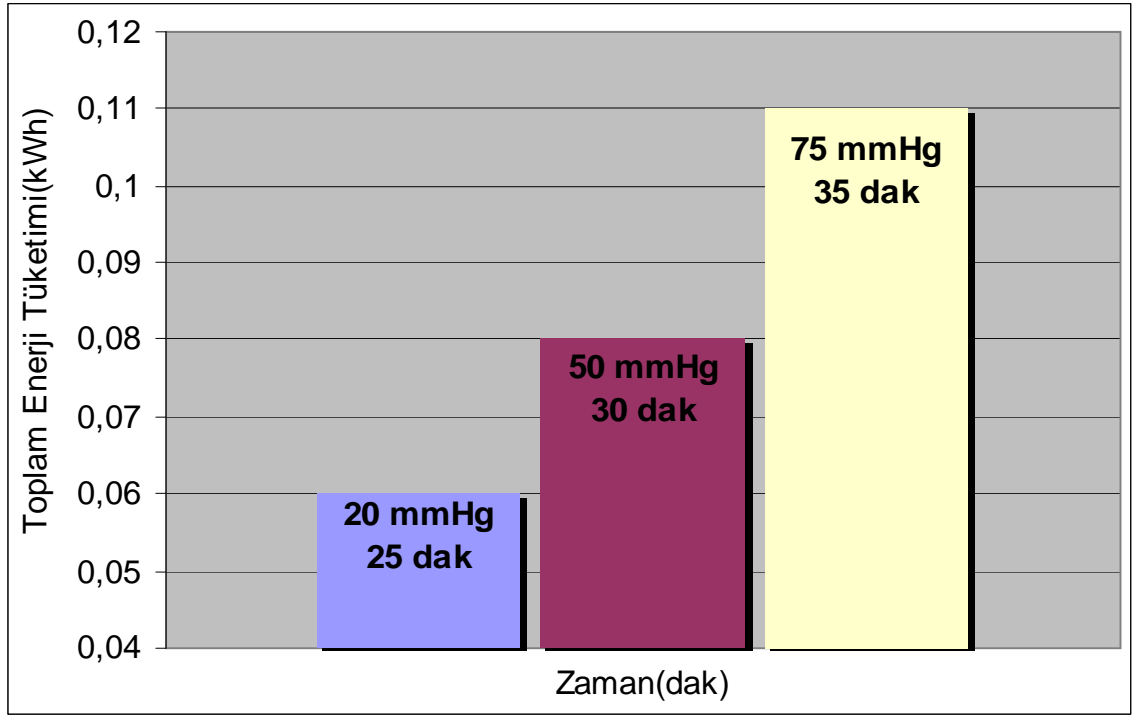
Maydanozun 65 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 82’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 83’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 84’te, nemi geri alma miktarı Şekil 85’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.3 ile 100.0 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ancak 75 °C’de 20 mmHg’da enerji tüketiminin kurutma süresi ile arasındaki ilişki quadratik bulunmuştur ve korelasyon katsayısı 98.4 ile 99.4 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 86, 87, 88, 89, 90 ve Şekil 91’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



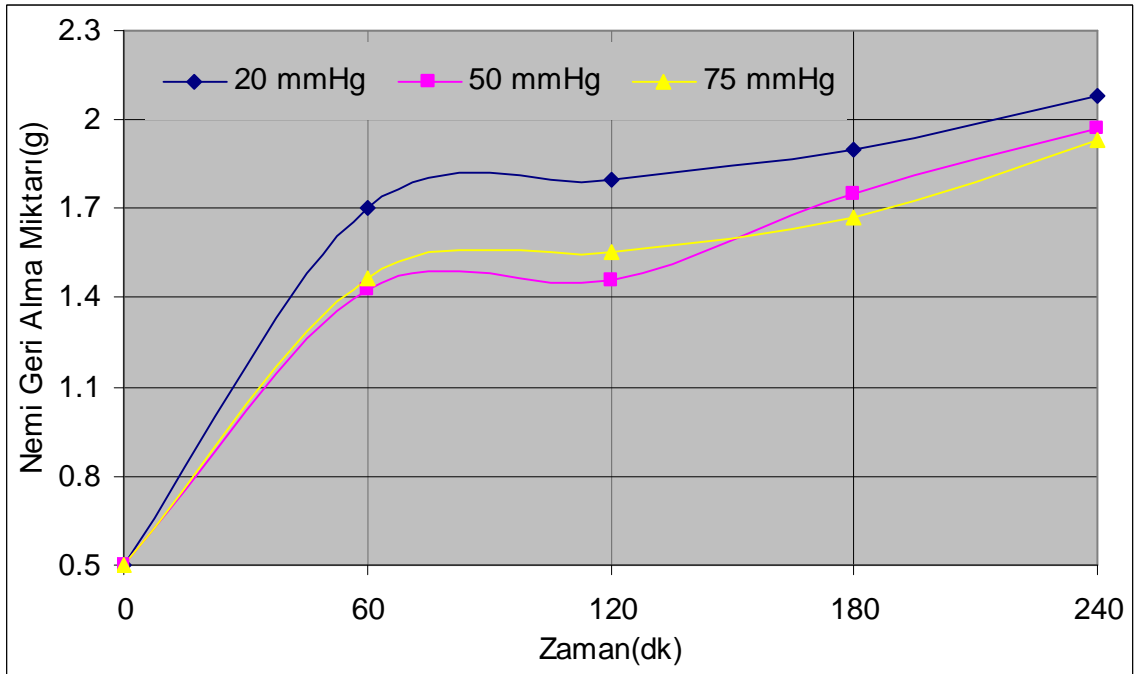
Şekil 82. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



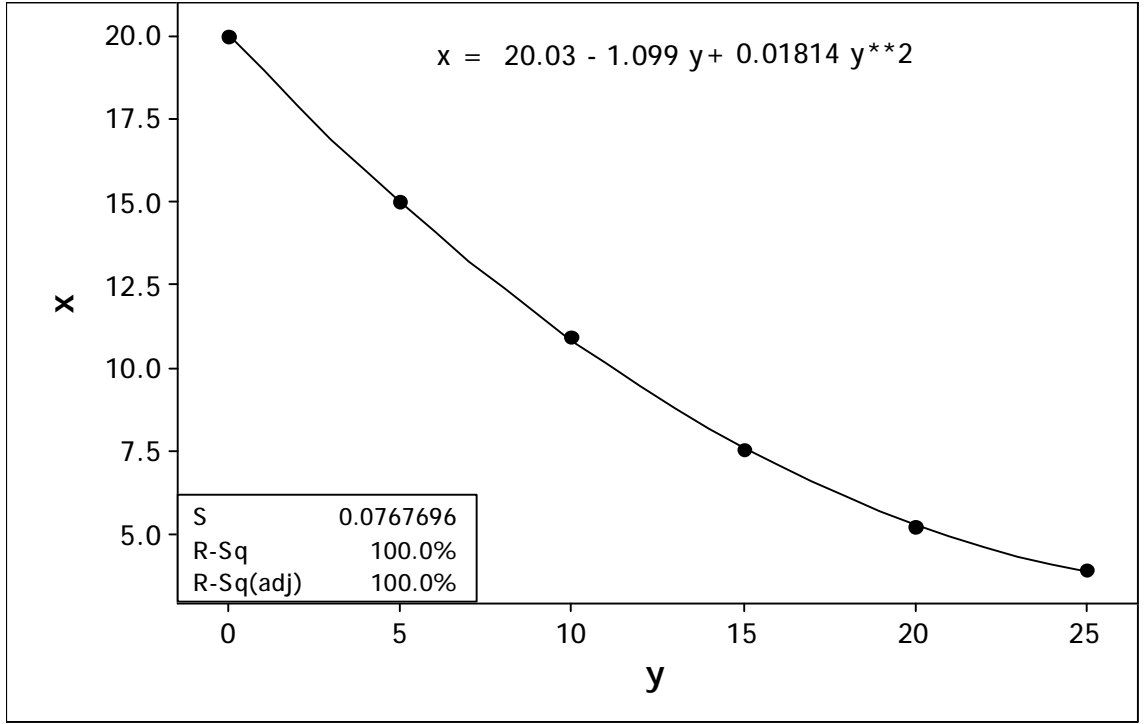
Şekil 83. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



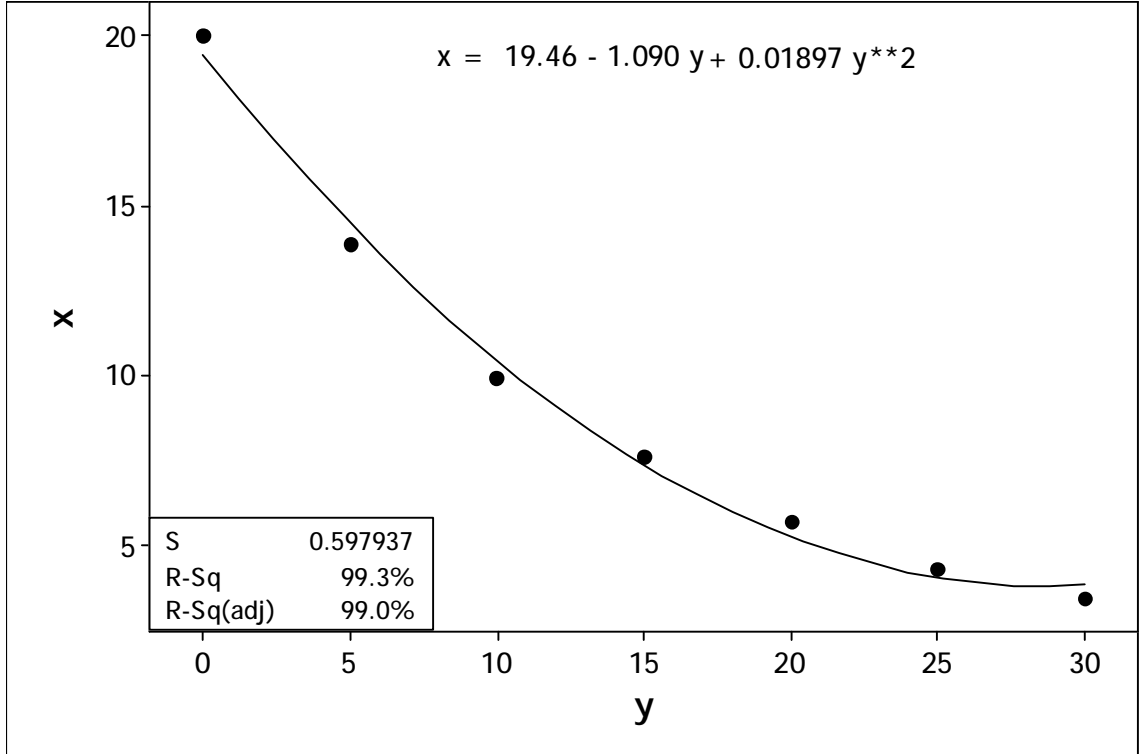
Şekil 84. Maydanozun 65 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



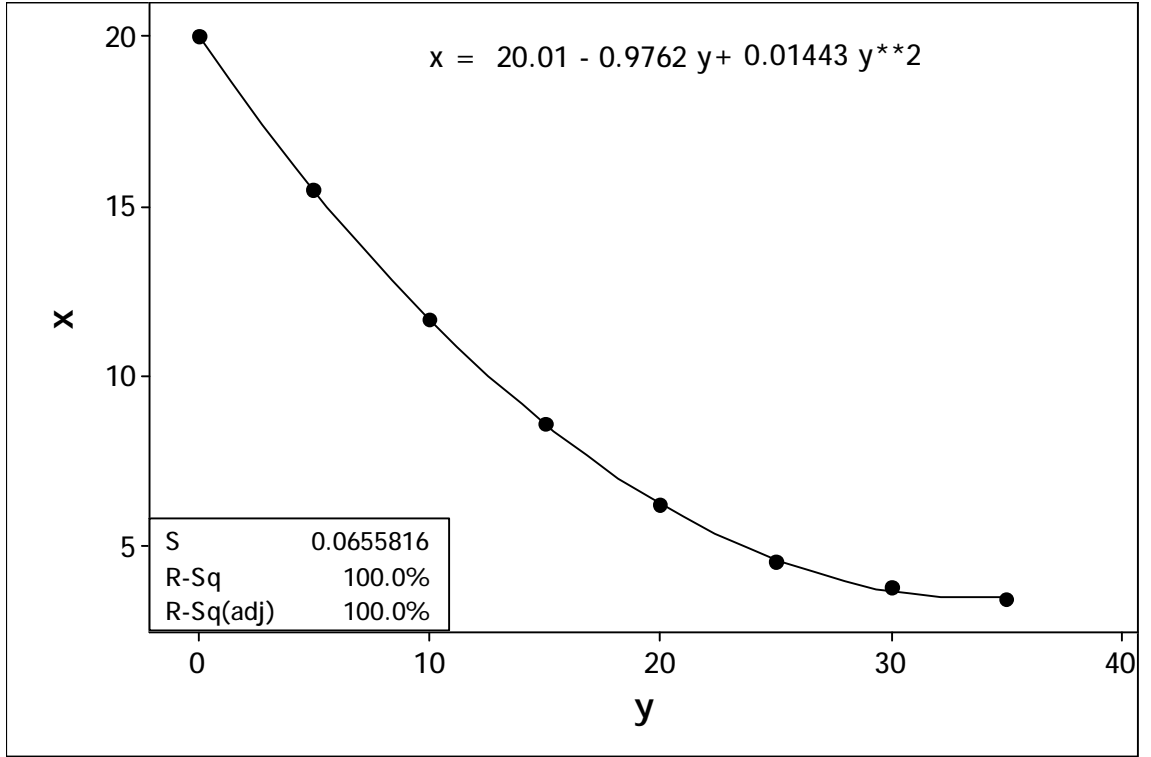
Şekil 85. 65 °C’de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı



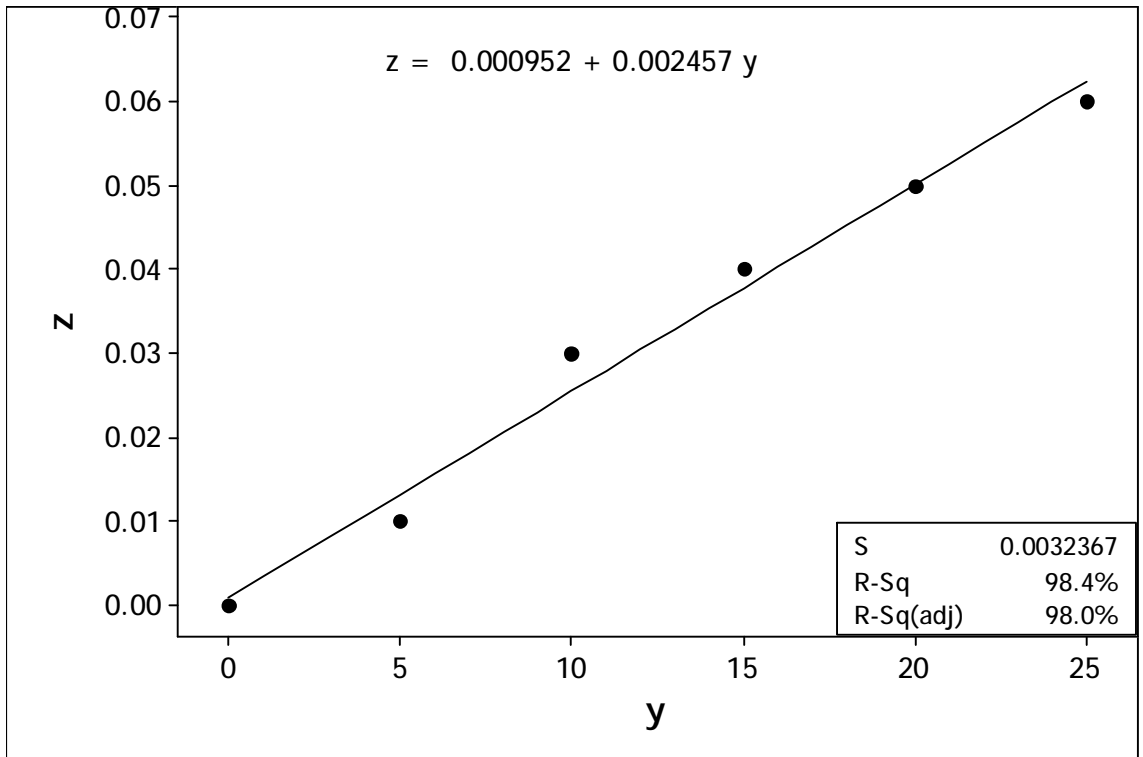
Şekil 86. 65 °C 20 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



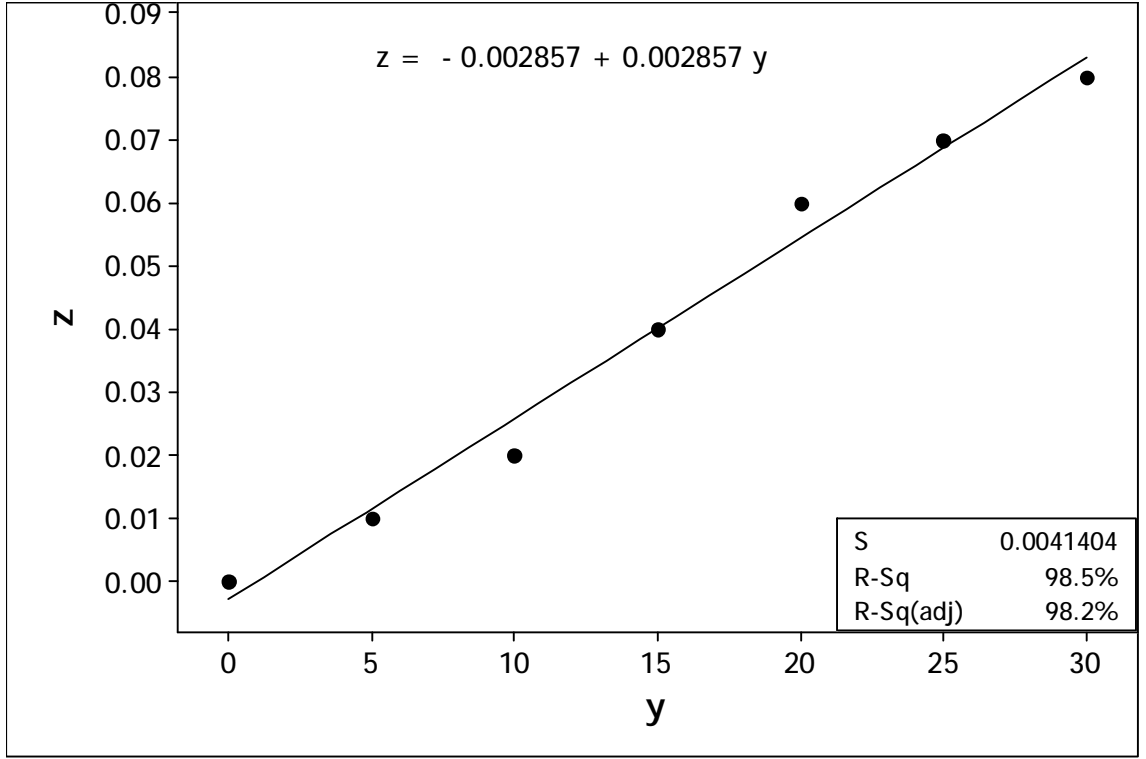
Şekil 87. 65 °C 50 mmHg’da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



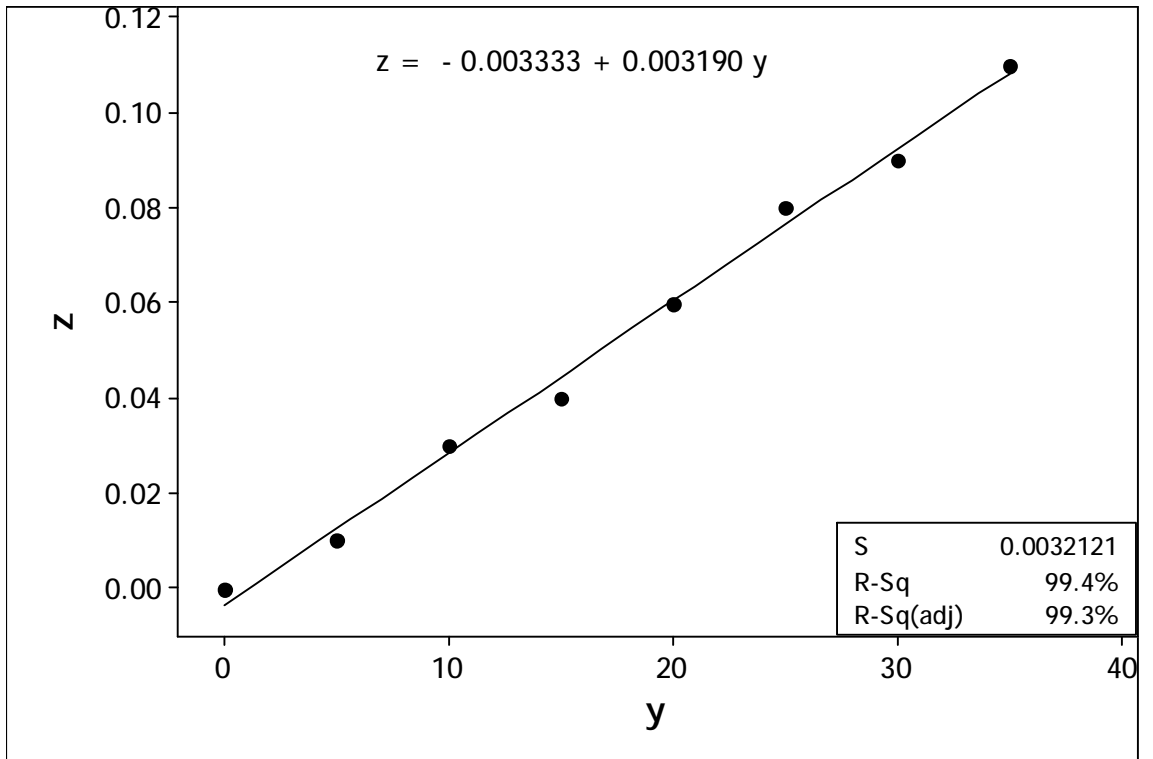
Şekil 88. 65 °C 75 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 89. 65 °C 20 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 90. 65 °C 50 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

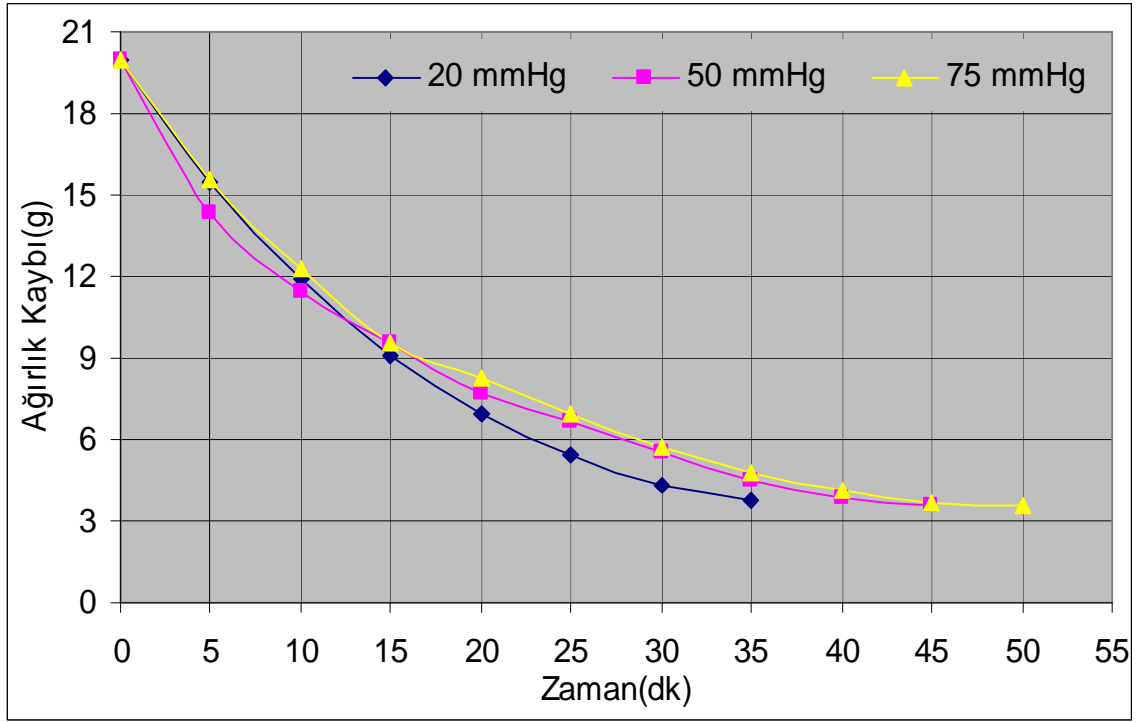


Şekil 91. 65 °C 75 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

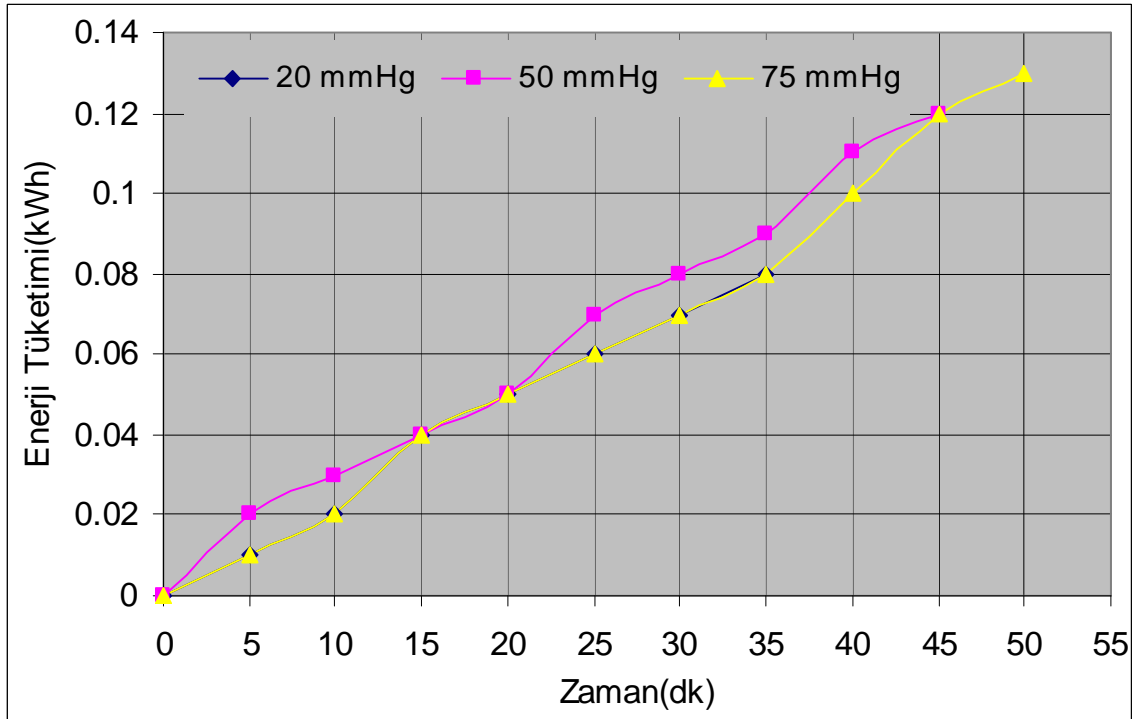
4.1.3.3. Maydanozun 55 °C’de ve Üç Farklı Vakum Değerinde Vakumla Kurutulması

Nemi %83 olan maydanoz, her bir deney kademesinde 20 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 3.4 ila 3.9 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 5 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 55 °C ve 20 mmHg vakumda, kurutma 35 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.7 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %15’e düşürülmüştür. 55 °C ve 50 mmHg vakumda, kurutma 45 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.5 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14’e düşürülmüştür. 55 °C ve 75 mmHg vakumda, kurutma 50 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.5 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %14’e düşürülmüştür. 55 °C ve 20 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.08 kWh, 55 °C ve 50 mmHg vakumda kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.12 kWh, 55 °C ve 75 mmHg vakumda ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.13 kWh olmuştur. Ürünün başlangıçtaki hacmine göre %67 hacim küçülmesi meydana gelmiştir.

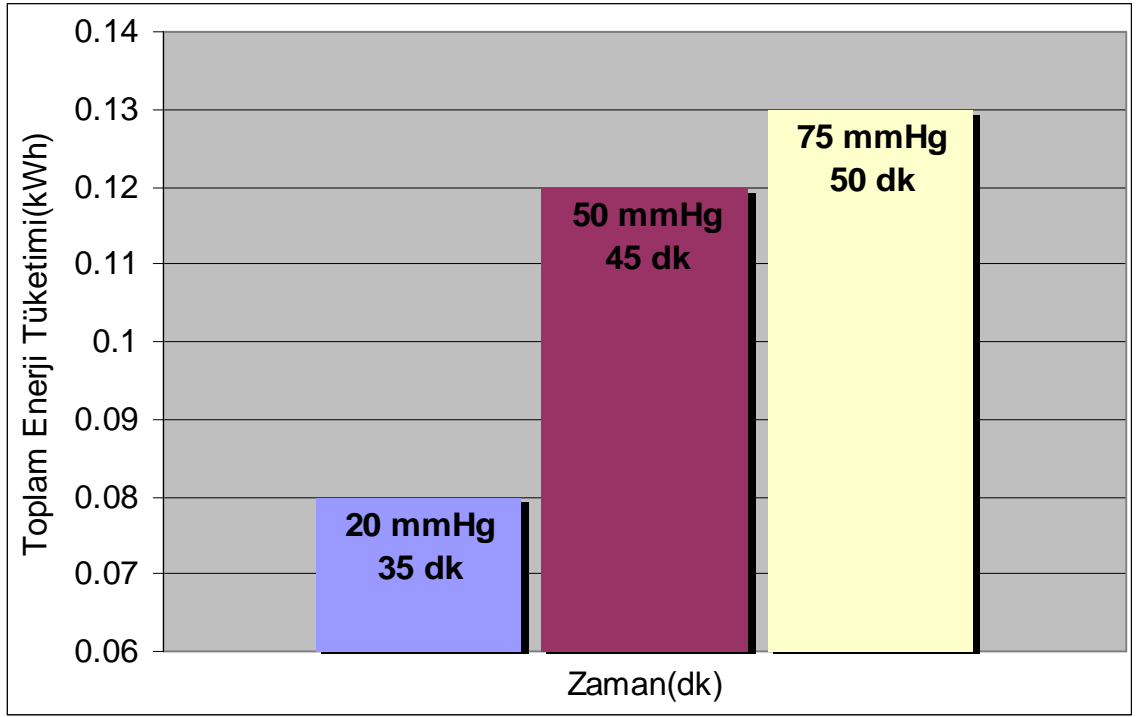
Maydanozun 55 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 92’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 93’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 94’te, nemi geri alma miktarı Şekil 95’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 98.2 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ancak 75 °C’de 20 mmHg’da enerji tüketiminin kurutma süresi ile arasındaki ilişki quadratik bulunmuştur ve korelasyon katsayısı 99.1 ile 99.4 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 96, 97, 98, 99, 100 ve Şekil 101’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



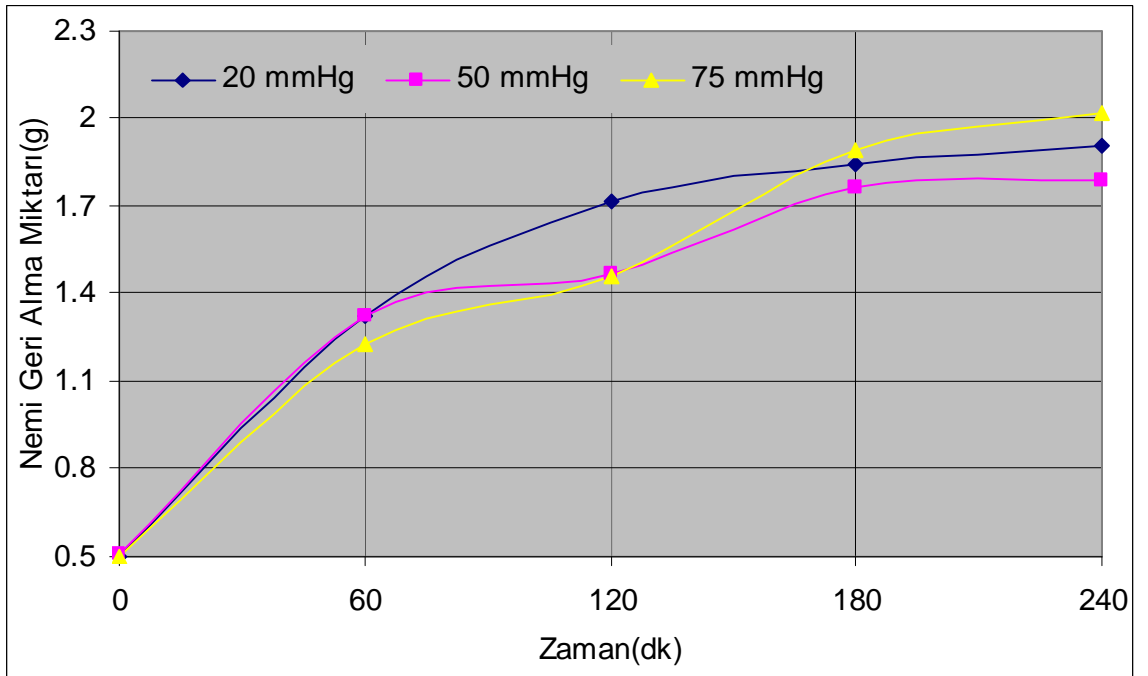
Şekil 92. Maydanozun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



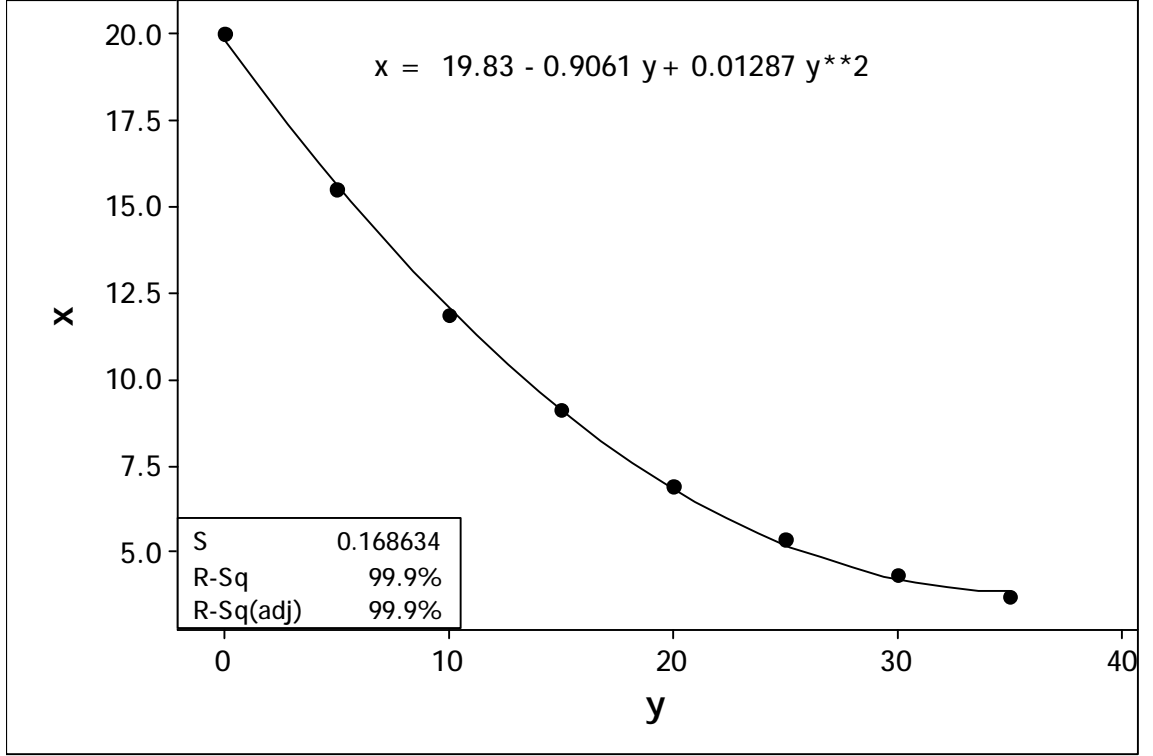
Şekil 93. Maydanozun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



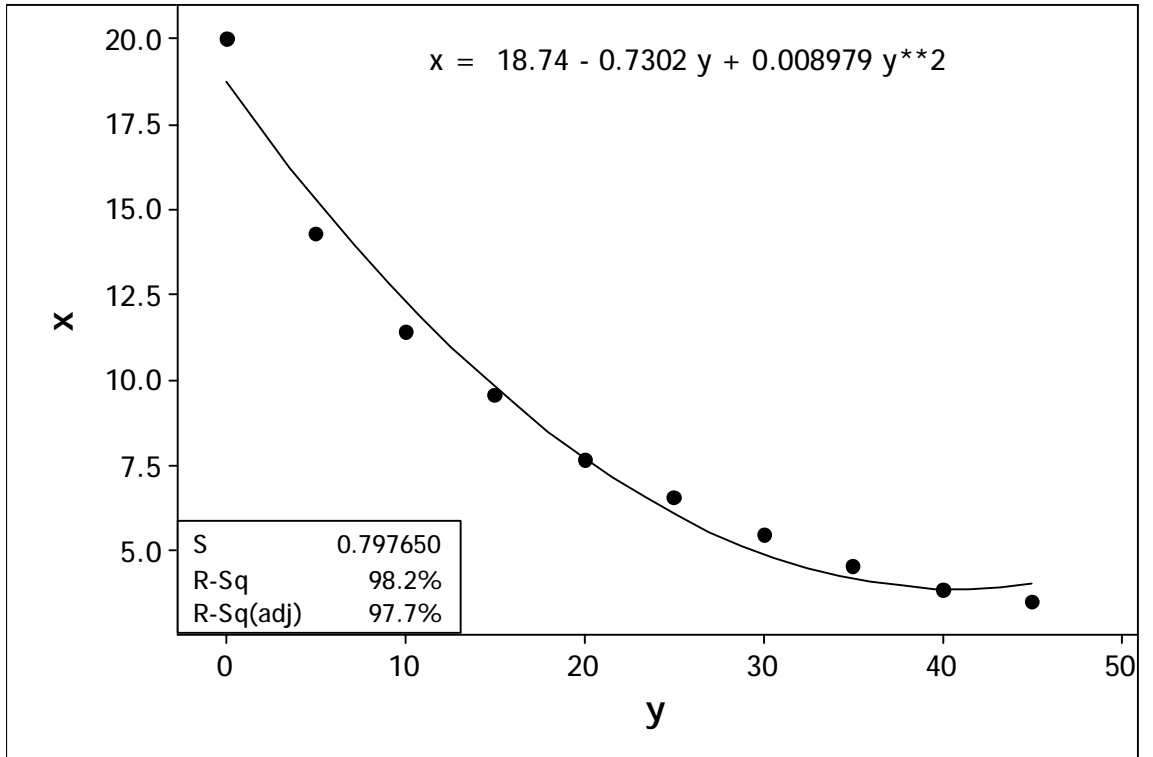
Şekil 94. Maydanozun 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



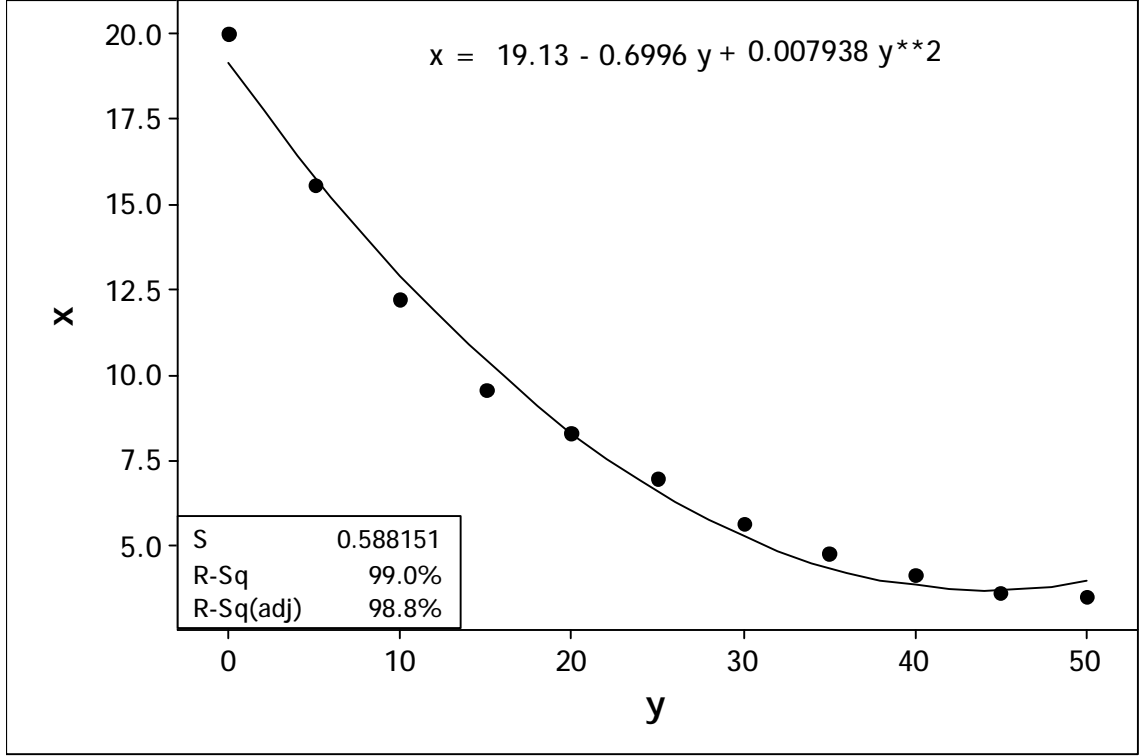
Şekil 95. 55 °C’de vakumla kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı



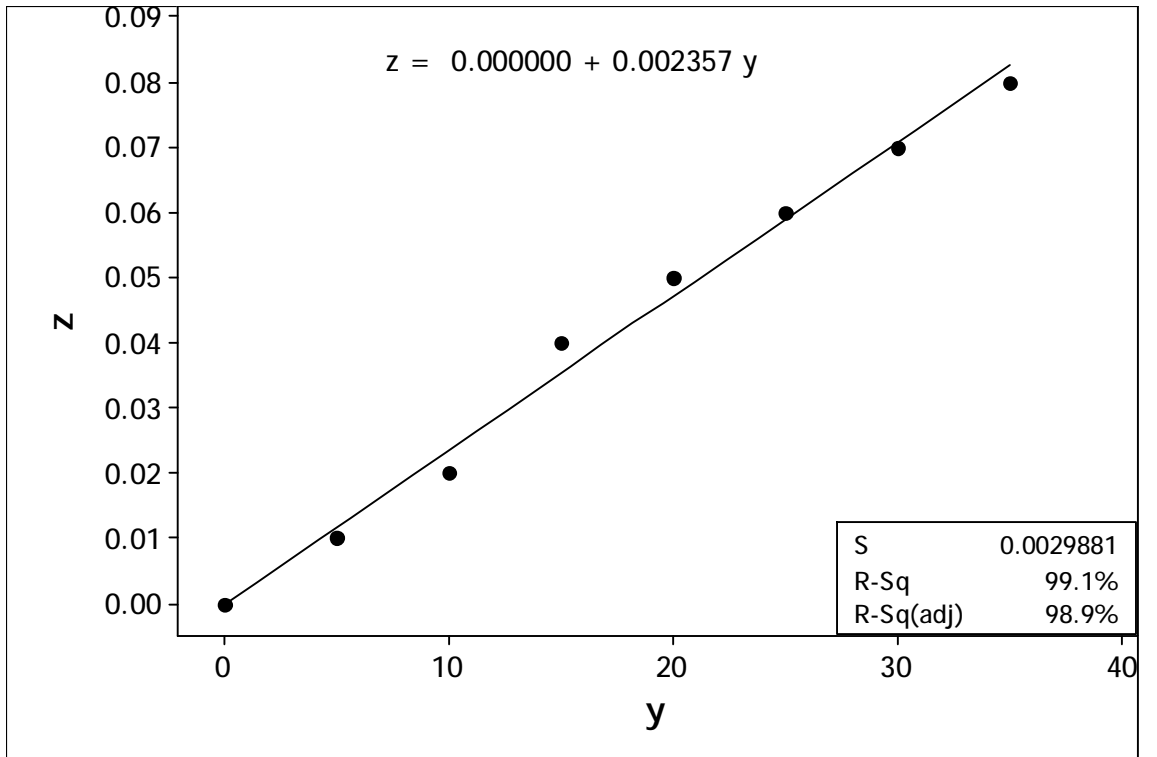
Şekil 96. 55 °C 20 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



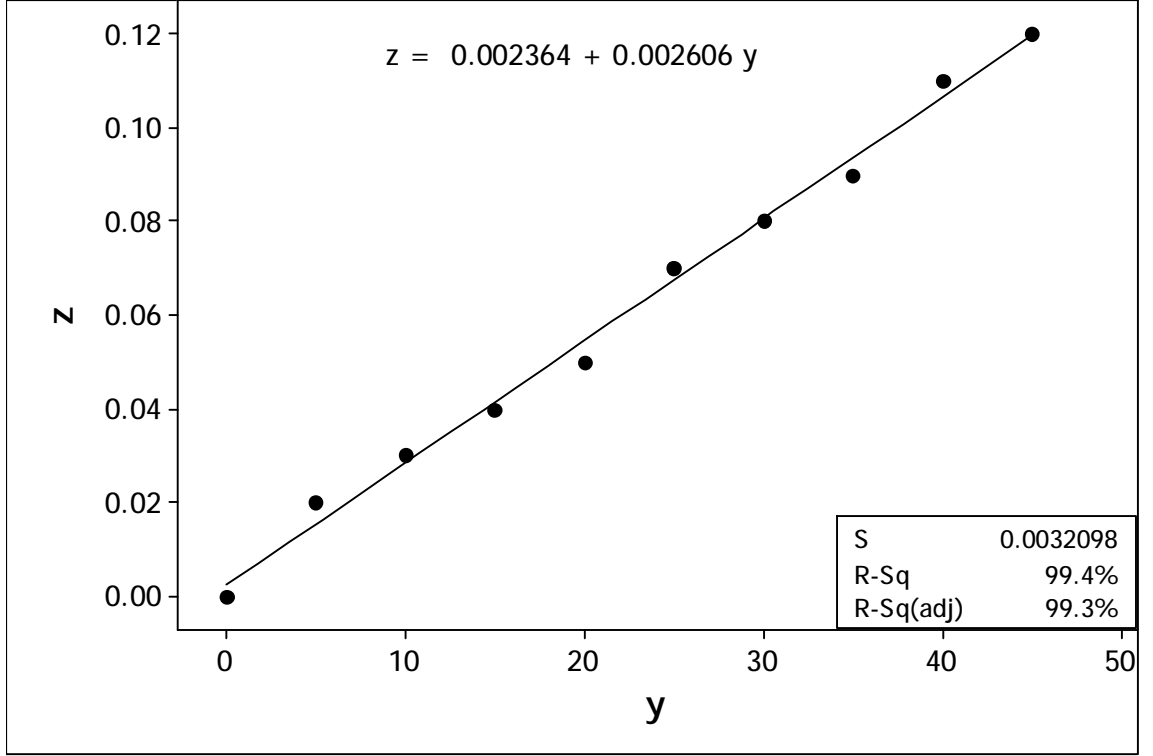
Şekil 97. 55 °C 50 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



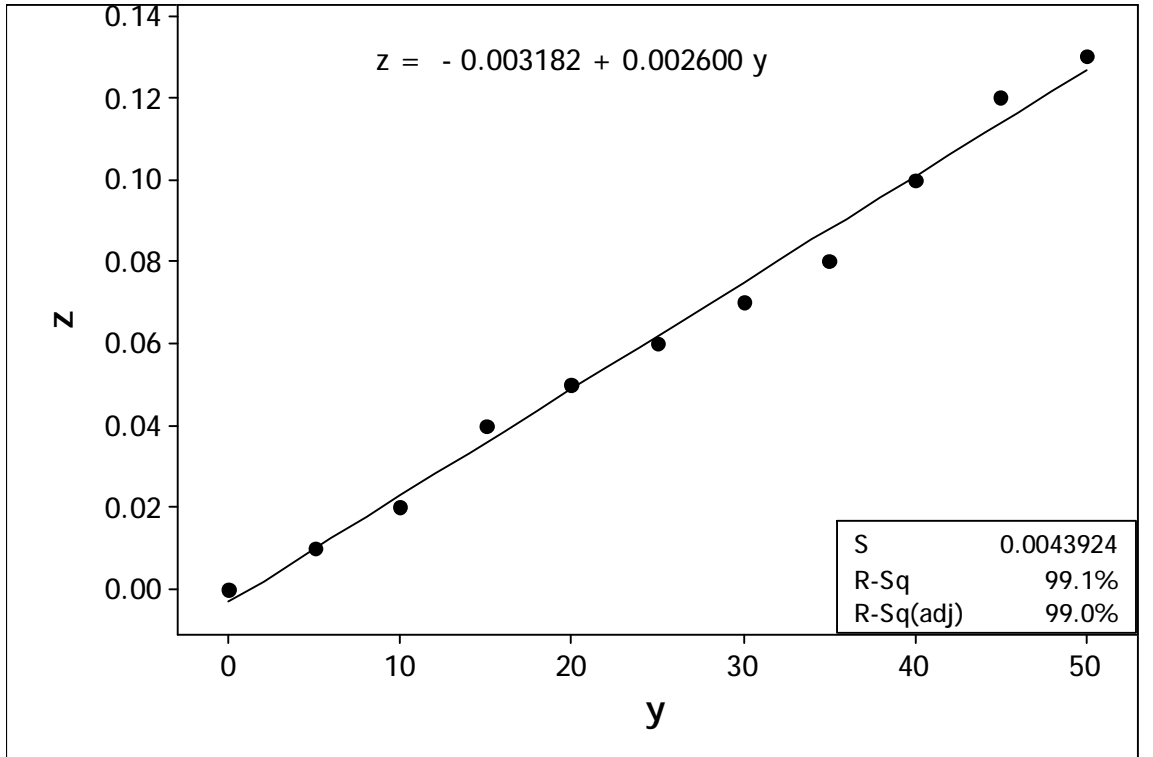
Şekil 98. 55°C 75 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 99. 55°C 20 mmHg'da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 100. 55 °C 50 mmHg' da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği



Şekil 101. 55 °C 75 mmHg' da kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketiminin regresyon grafiği

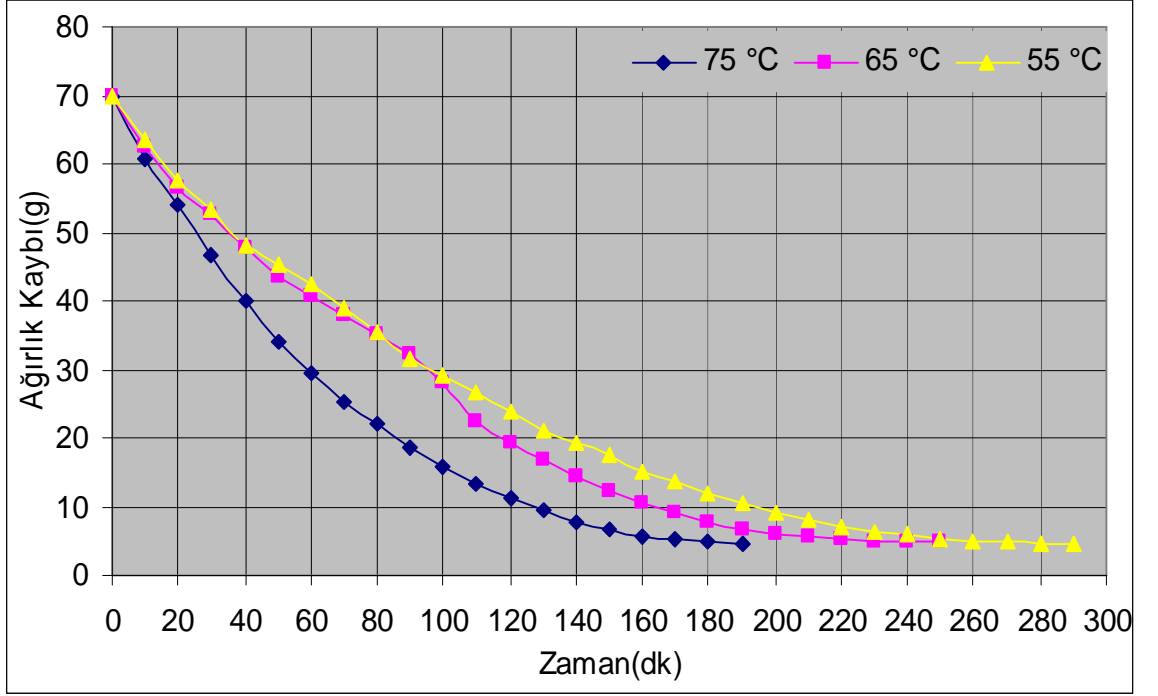
4.2. Fırında Kurutma

Havuç, elma ve maydanoz 75, 65 ve 55 °C'de kurutulmuştur.

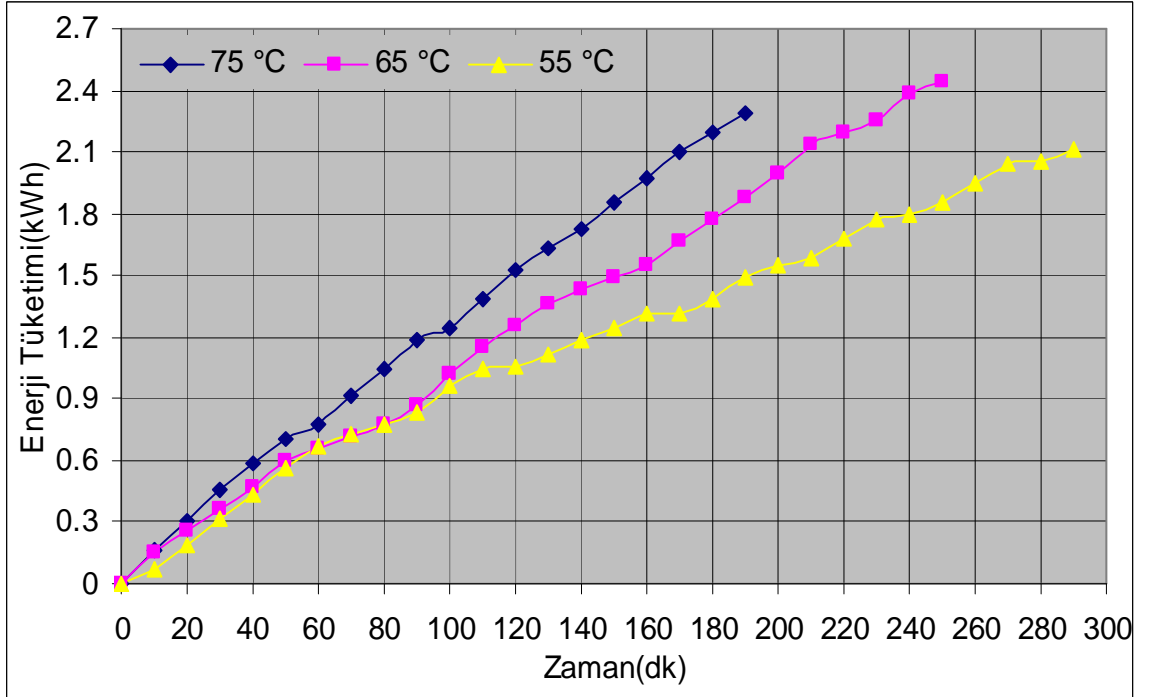
4.2.1. Havucun Fırında Kurutulması

Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan havuç, her bir deney kademesinde 70 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 4.6 ila 4.8 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C'de kurutma 190 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 4.7 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %6'ya düşürülmüştür. 65 °C'de kurutma 250 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 4.8 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %6'ya düşürülmüştür. 55 °C'de kurutma 290 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 4.6 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda havucun nemi %6'ya düşürülmüştür. 75 °C'de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.29 kWh, 65 °C'de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.44 kWh, 55 °C'de ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.11 kWh olmuştur.

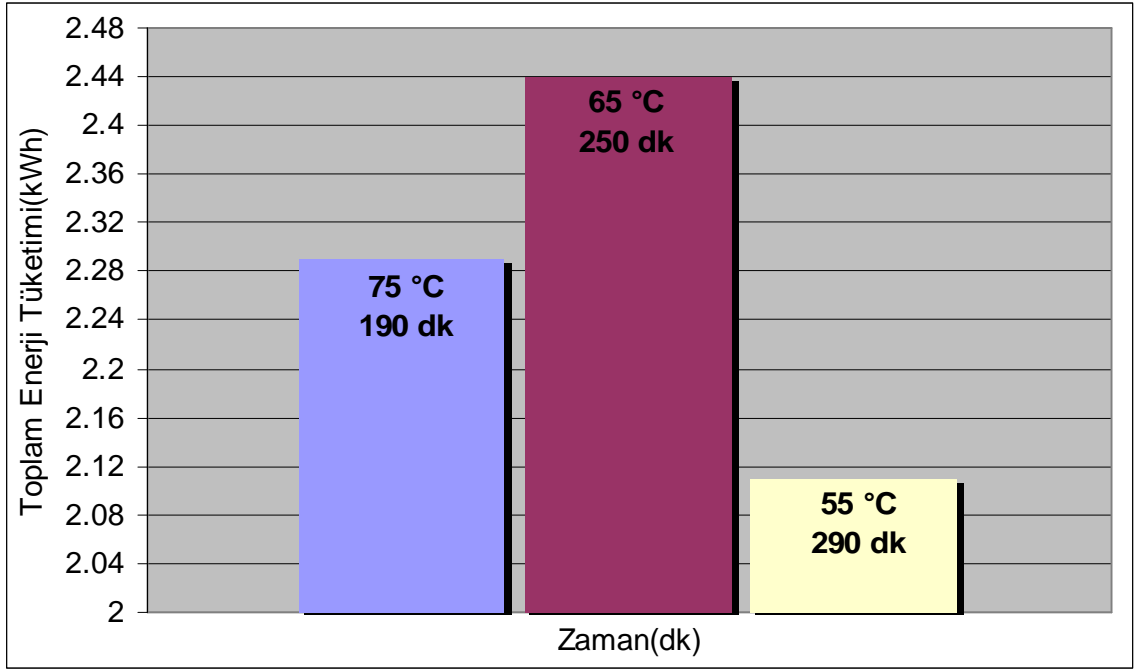
Havucun 75 °C, 65 °C ve 55 °C'de kurutulmasında belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 102'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 103'te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 104'te, nemi geri alma miktarı Şekil 105'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.6 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 98.7 ile 99.8 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 106, 107, 108, 109, 110 ve Şekil 111'de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



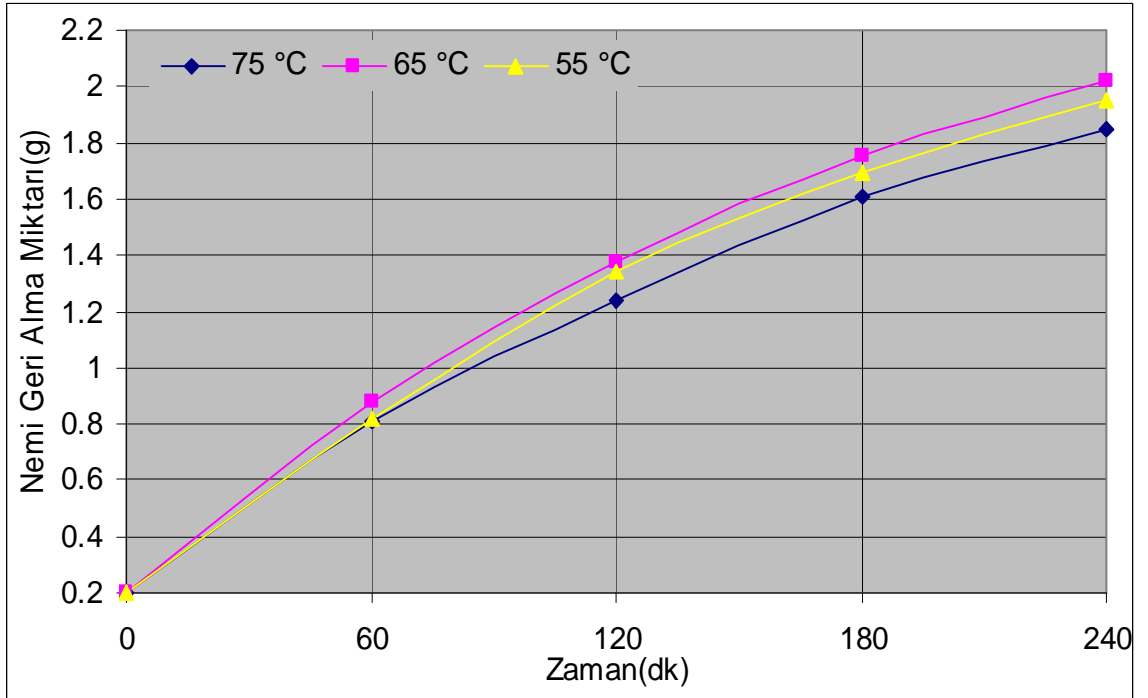
Şekil 102. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



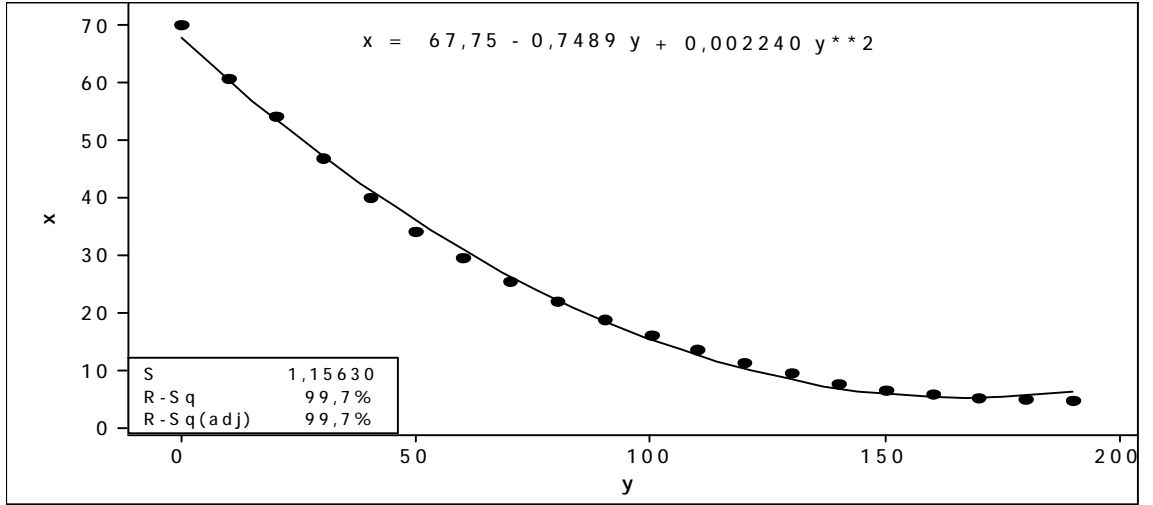
Şekil 103. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



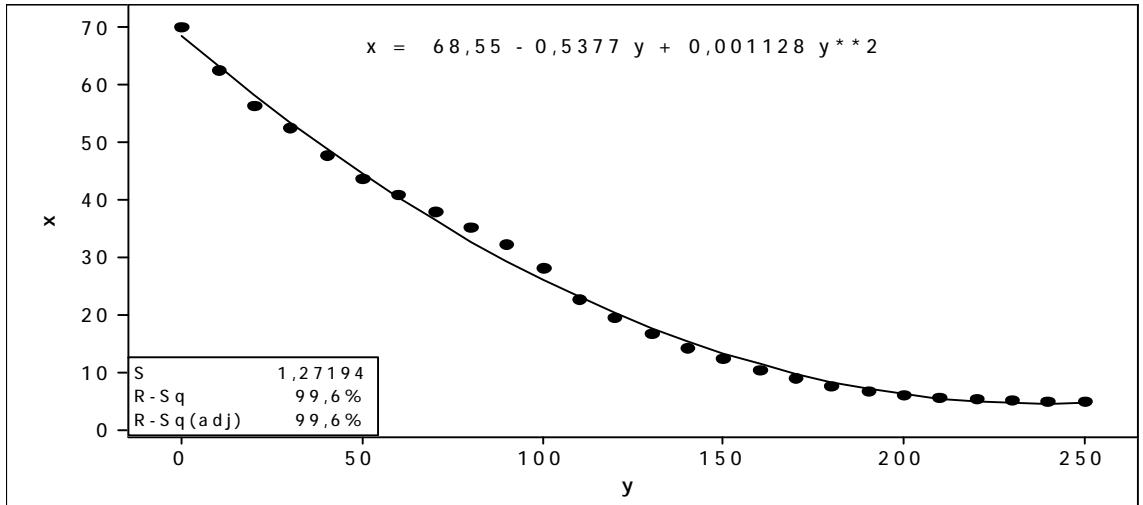
Şekil 104. Havucun fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



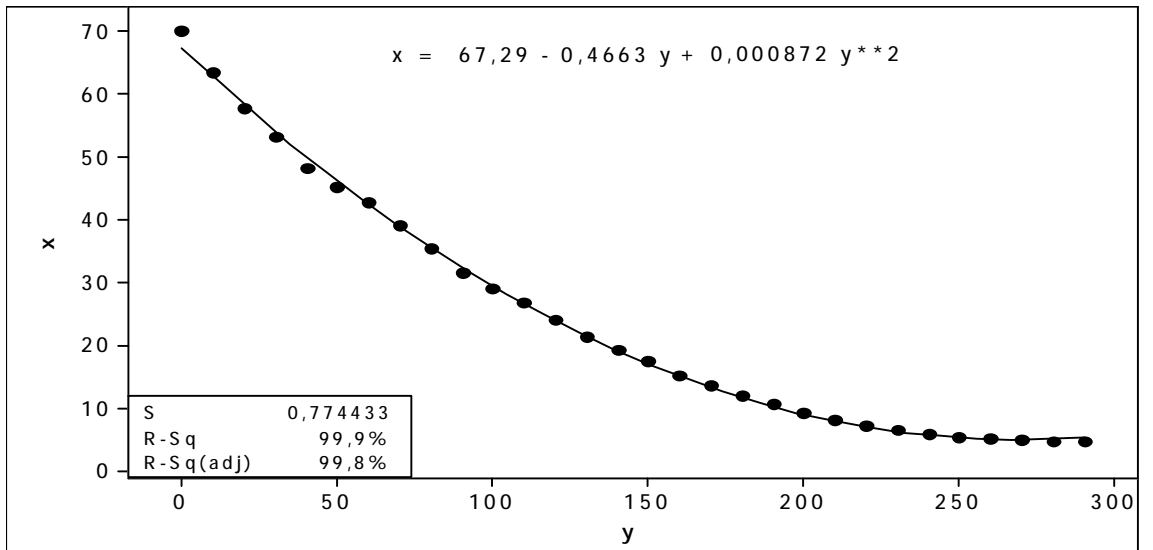
Şekil 105. Fırında kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı



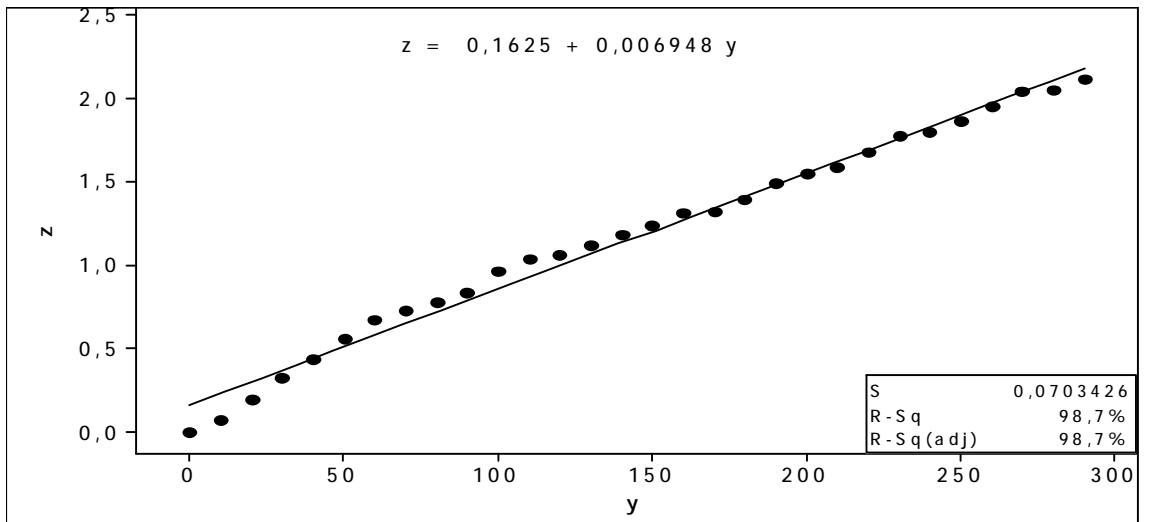
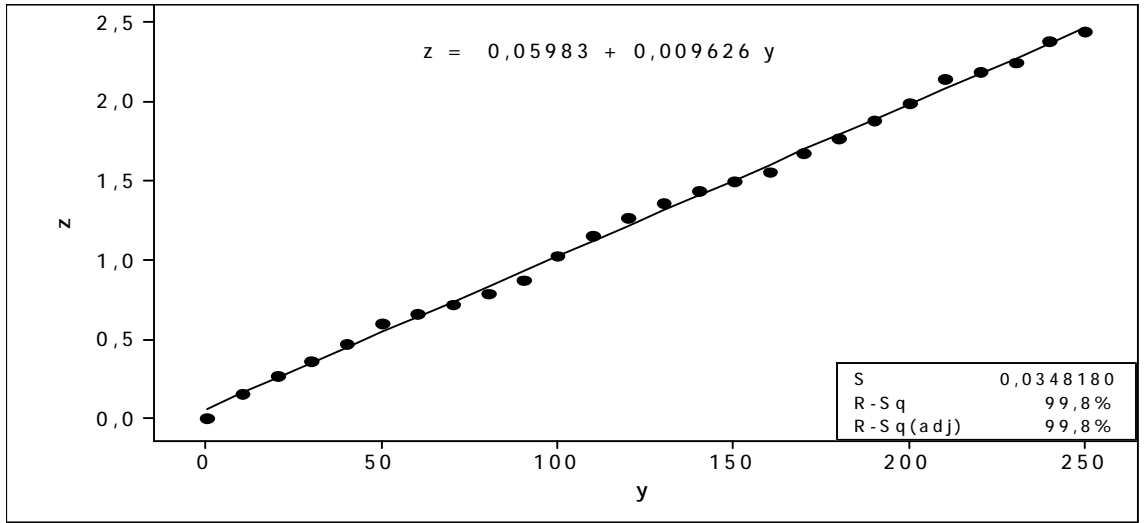
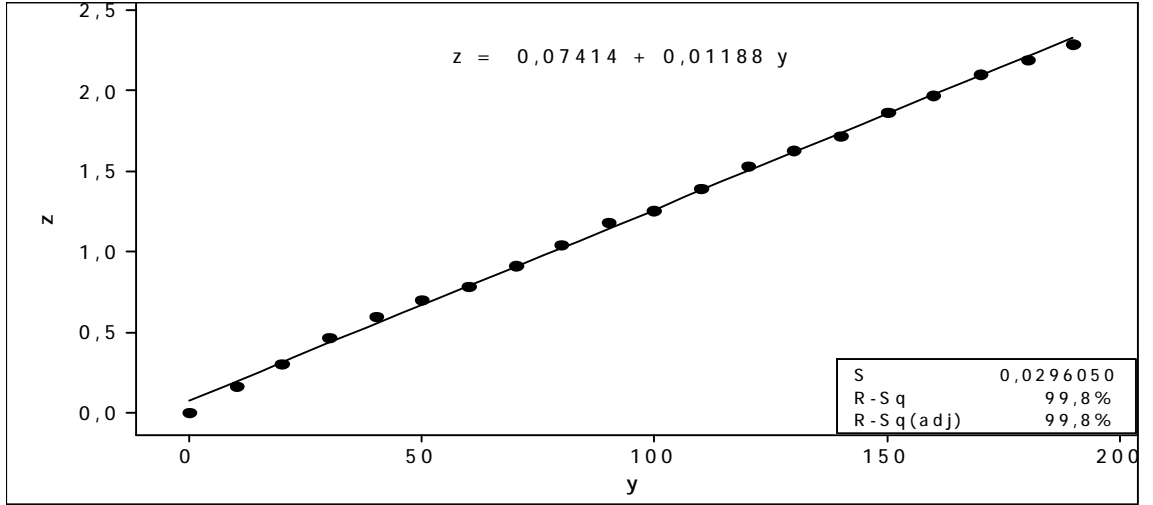
Şekil 106. 75 °C’de kurutululan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 107. 65 °C’de kurutululan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



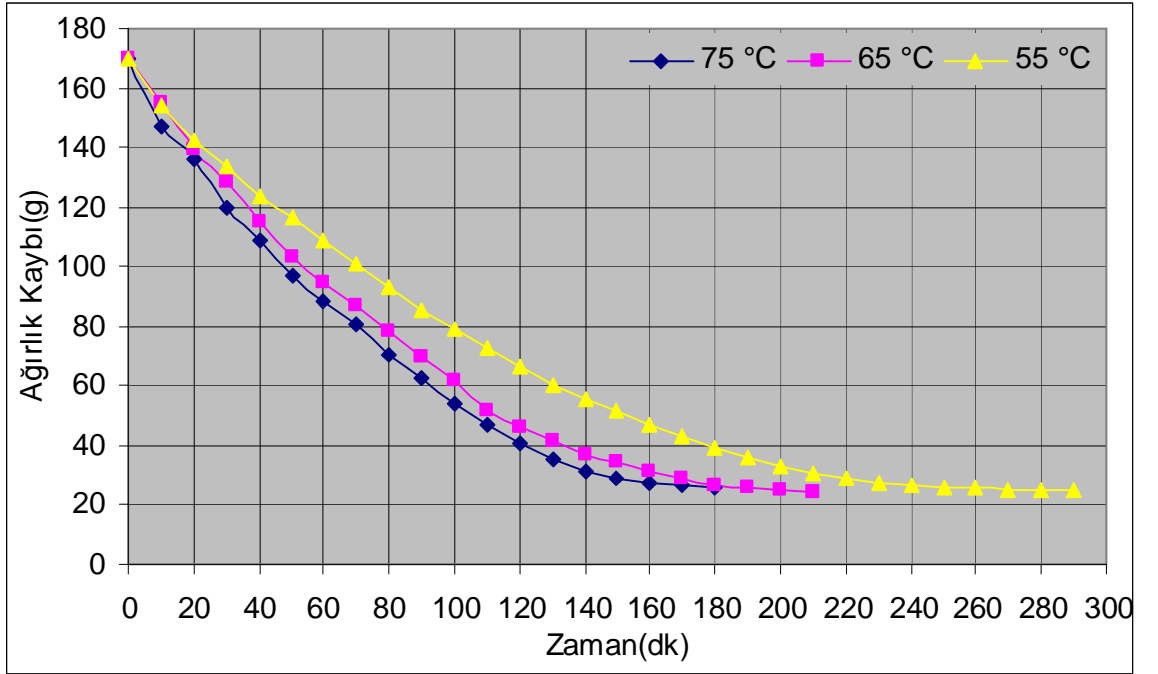
Şekil 108. 55 °C’de kurutululan havucun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



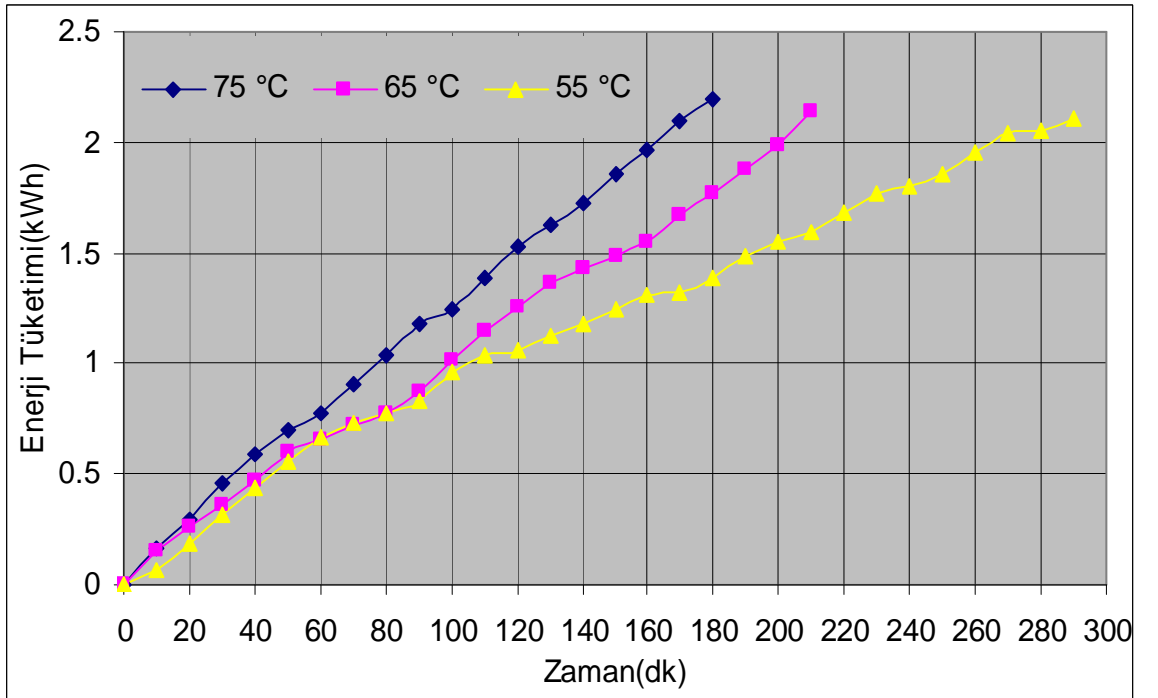
4.2.2. Elmanın Fırında Kurutulması

Elmalar oksitlenmemesi için %0.3'lük sitrik asit çözeltisi içine batırılmıştır. Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan elma, her bir deney kademesinde 170 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 24.2 ila 26 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C'de kurutma 180 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 26 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %13'e düşürülmüştür. 65 °C'de kurutma 210 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 24.2 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %12'ye düşürülmüştür. 55 °C'de kurutma 290 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 24.8 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda elmanın nemi %12'ye düşürülmüştür. 75 °C'de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.19 kWh, 65 °C'de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.14 kWh, 55 °C'de ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 2.11 kWh olmuştur.

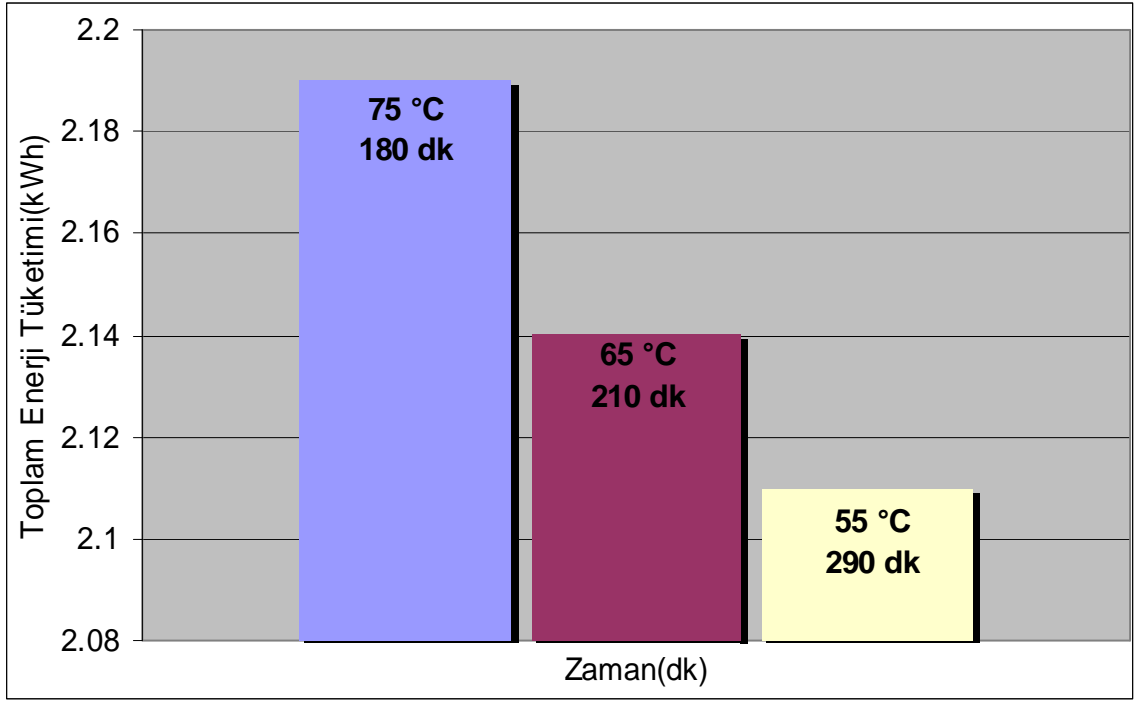
Elmanın 75 °C'de, 65 °C'de, 55 °C'de kurutulmasında belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 112'de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 113'te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 114'te, nemi geri alma miktarı Şekil 115'te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin kuadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.8 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 98.7 ile 99.8 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 116, 117, 118, 119, 120 ve Şekil 121'de verilmiştir. Formüllerdeki "y" kurutma süresini, "x" ağırlık kaybını, "z" ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



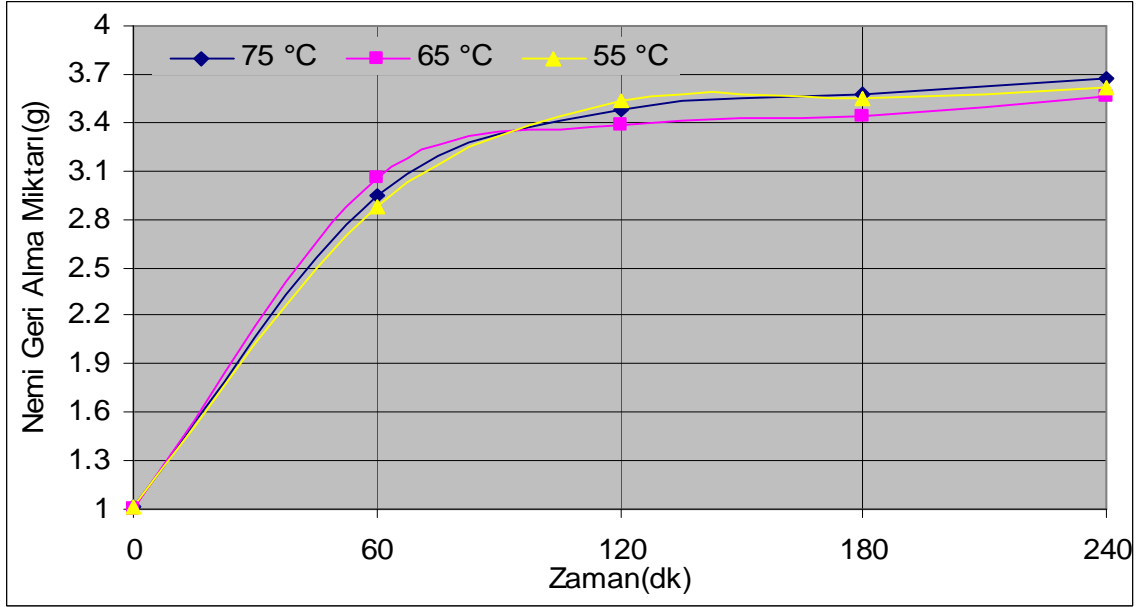
Şekil 112. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



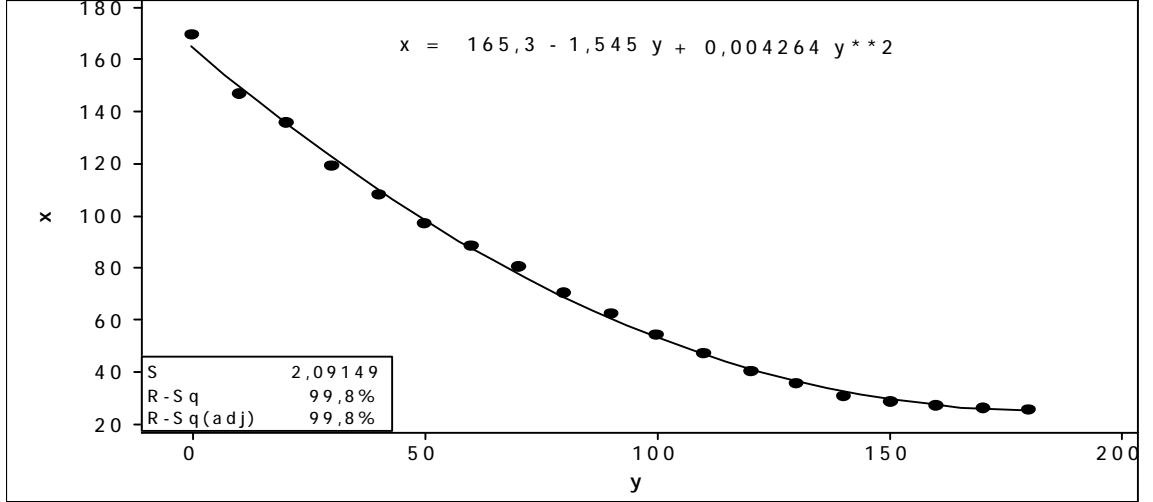
Şekil 113. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



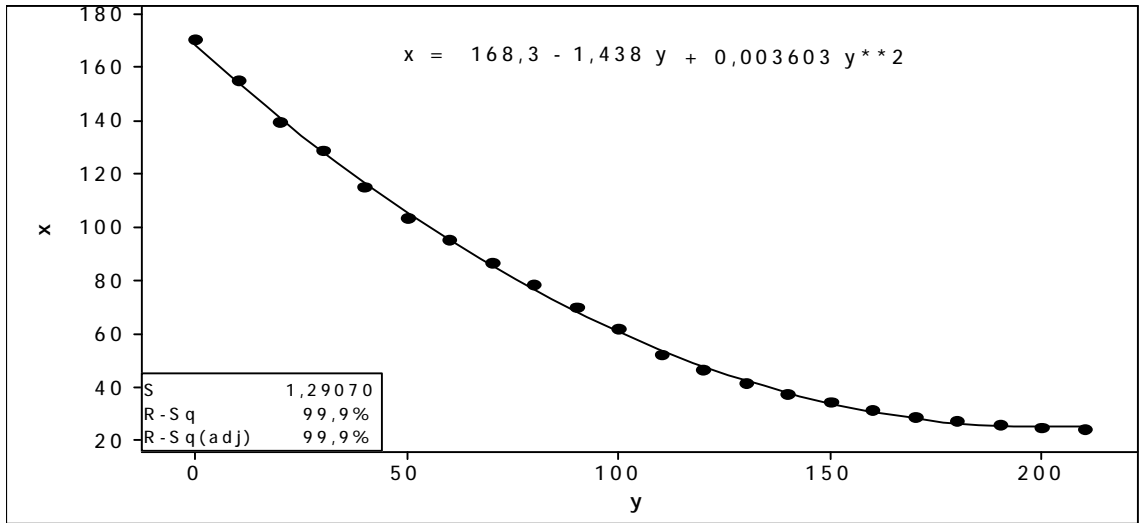
Şekil 114. Elmanın fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



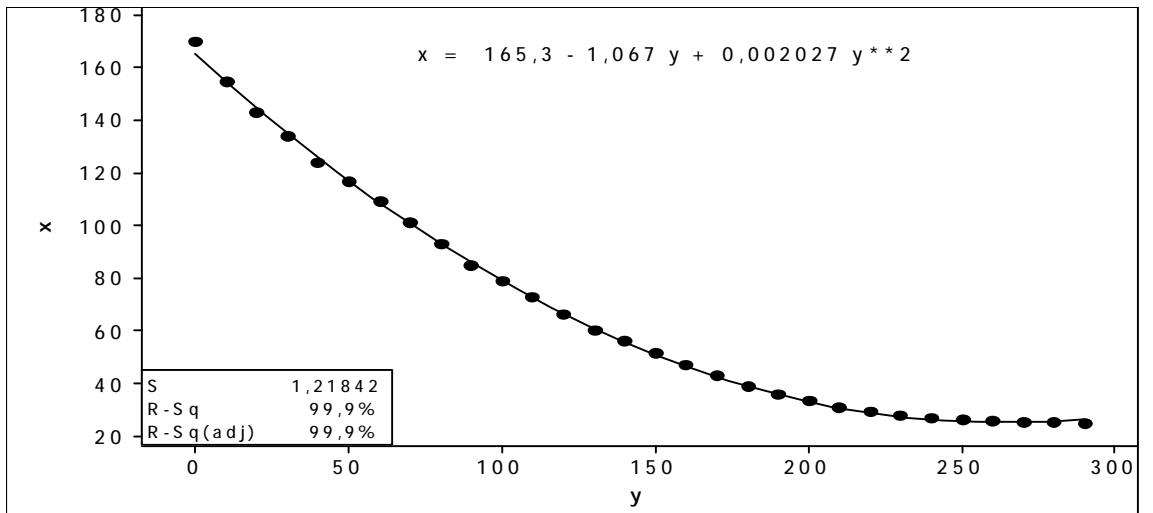
Şekil 115. Fırında kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı



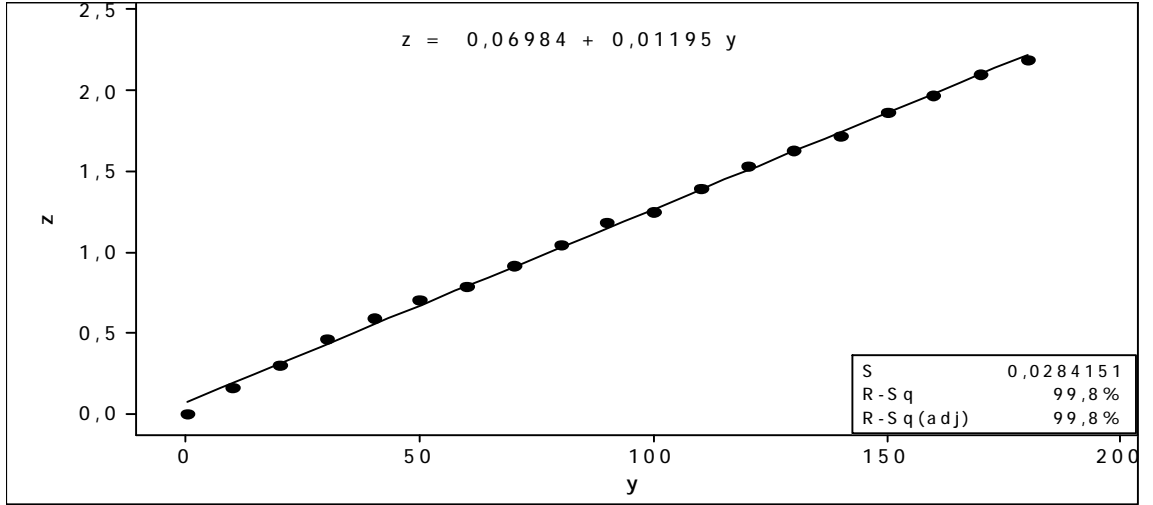
Şekil 116. 75°C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



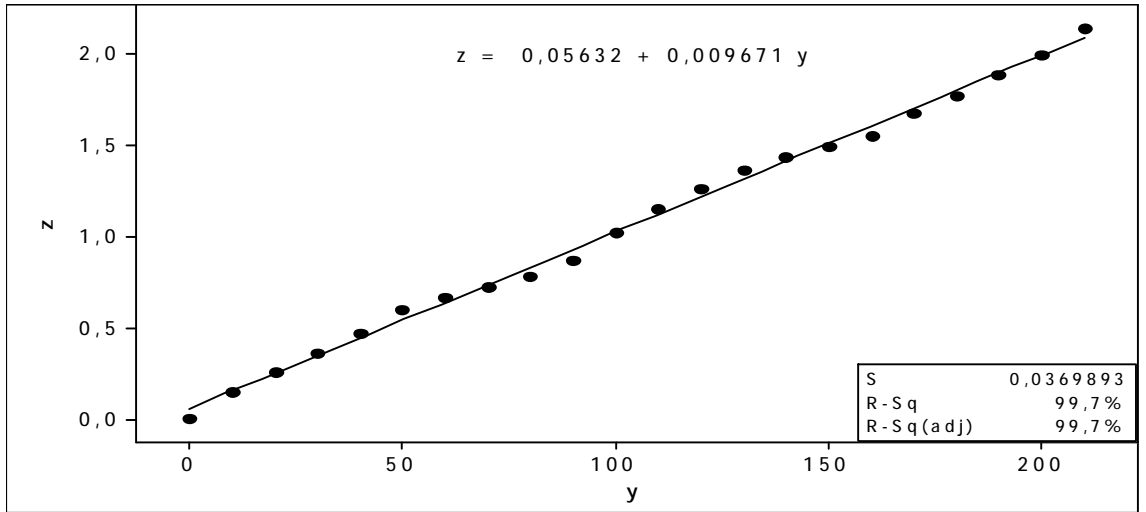
Şekil 117. 65°C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



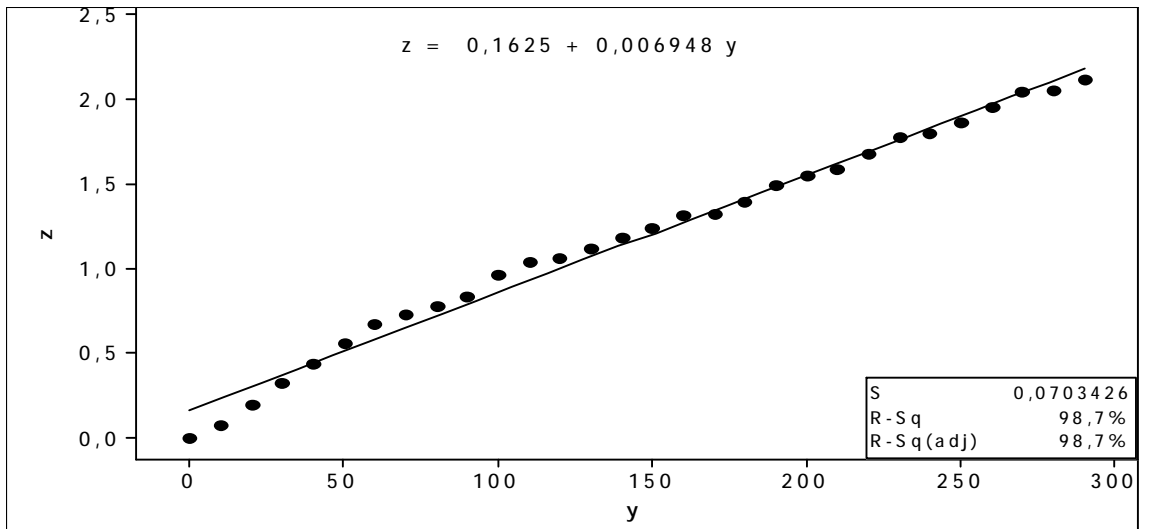
Şekil 118. 55°C’de kurutulan elmanın zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 119. 75 °C'de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği



Şekil 120. 65 °C'de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği

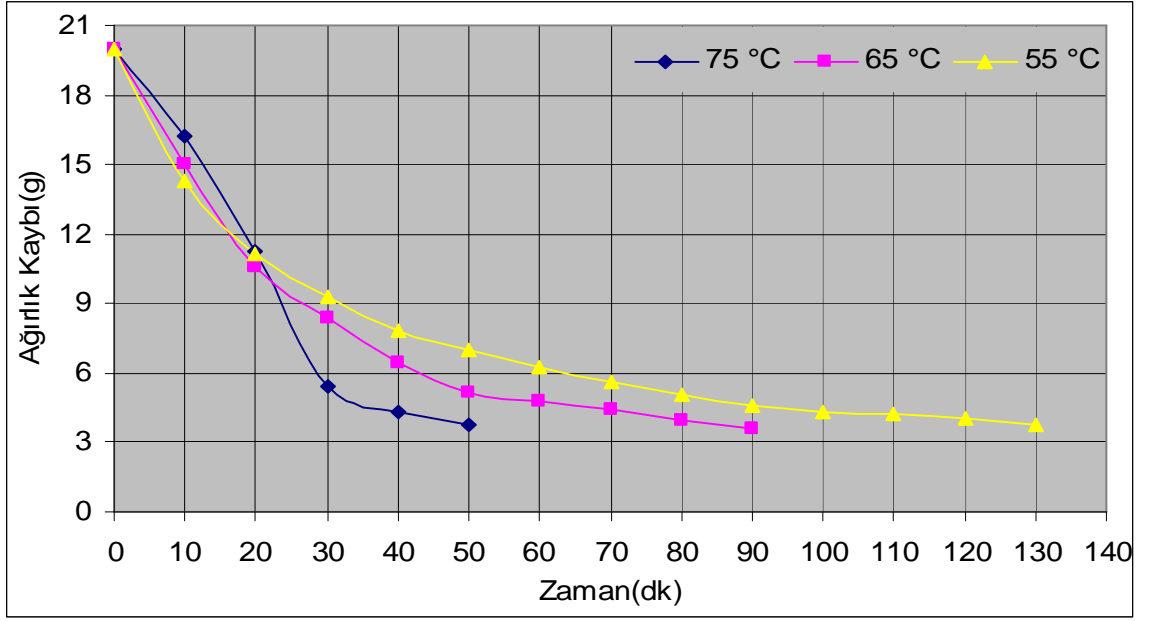


Şekil 121. 55 °C'de kurutulan elmanın zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği

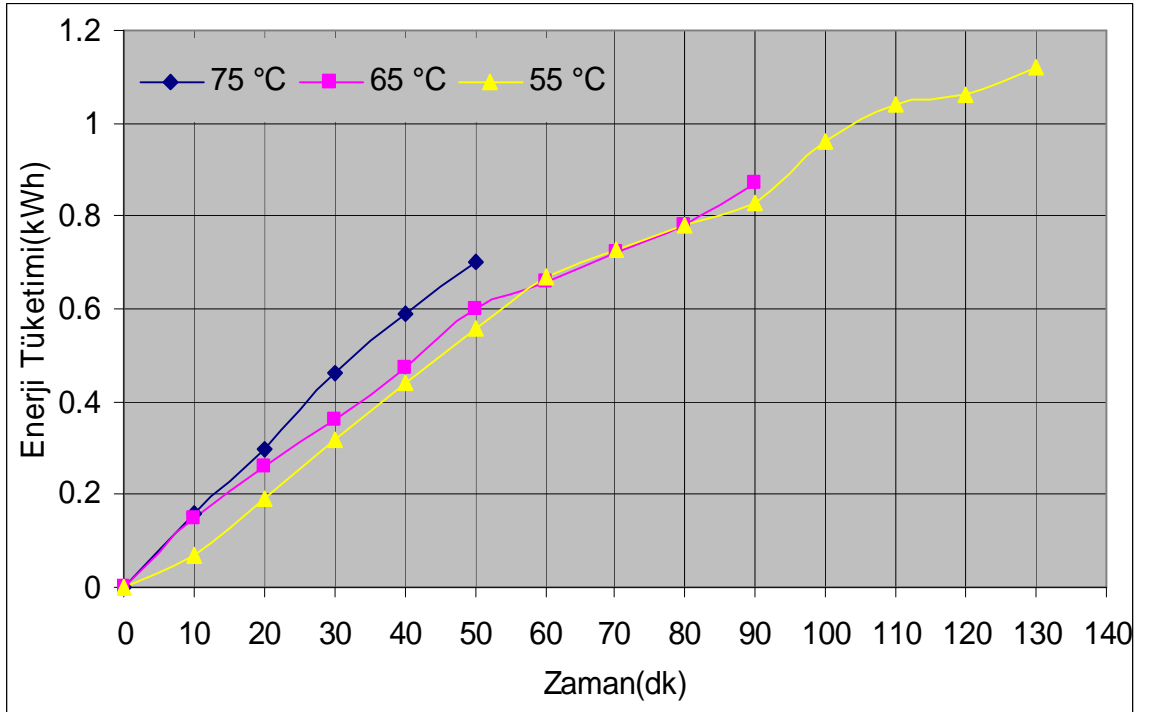
4.2.3. Maydanozun Fırında Kurutulması

Nemi %83 olan maydanoz, her bir deney kademesinde 20 g olarak kurutmaya alınmıştır. Kurutma sonundaki ağırlığı 3.8 ila 3.6 g oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir. Toplam kurutma süresi içerisinde her 10 dakikada bir ağırlık kaybı ve enerji tüketimi belirlenmiştir. 75 °C’de kurutma 50 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.8 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %15’e düşürülmüştür. 65 °C’de kurutma 90 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.6 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %15’e düşürülmüştür. 55 °C’de kurutma 130 dakika sürmüştür ve kurutma süresi sonunda ağırlık 3.8 g olmuştur. Bu kademedeki kurutma süresi sonunda maydanozun nemi %15’e düşürülmüştür. 75 °C’de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.7 kWh, 65 °C’de kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 0.87 kWh, 55 °C’de ise kurutma süresi sonunda toplam enerji tüketimi 1.12 kWh olmuştur.

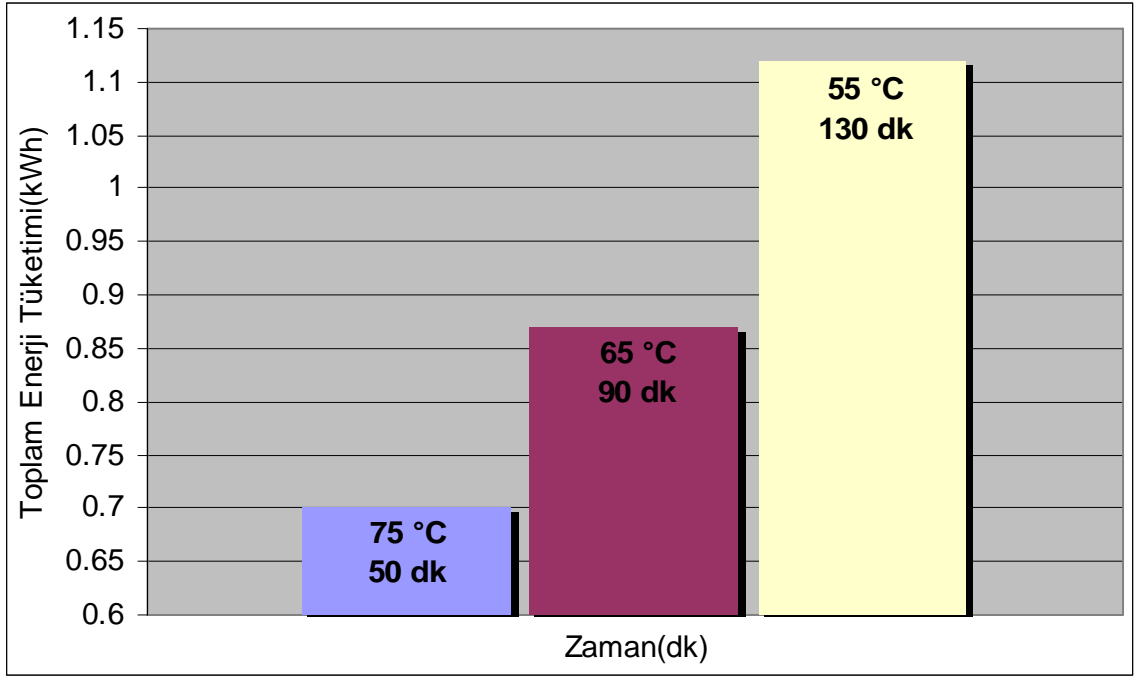
Maydanozun 75 °C’de, 65 °C’de, 55 °C’de kurutulmasında belirlenen kurutma süresine bağlı ağırlık kaybı Şekil 122’de, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 123’te, kurutma süresi içerisindeki toplam enerji tüketimi Şekil 124’te, nemi geri alma miktarı Şekil 125’te grafikler halinde verilmiştir. Kurutma süresi ile ağırlık kaybı ve enerji tüketimi arasındaki regresyon analizleri yapılmıştır. Ağırlık kaybı ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin quadratik ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 99.8 ile 99.9 arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi ile kuruma süresi arasındaki ilişkinin doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve korelasyon katsayısı 98.7 ile 99.8 arasında bulunmuştur. Bu analizler sonucunda belirlenen korelasyon katsayıları ile ilgili regresyon eşitliği Şekil 126, 127, 128, 129, 130 ve Şekil 131’de verilmiştir. Formüllerdeki “y” kurutma süresini, “x” ağırlık kaybını, “z” ise enerji tüketimini temsil etmektedir.



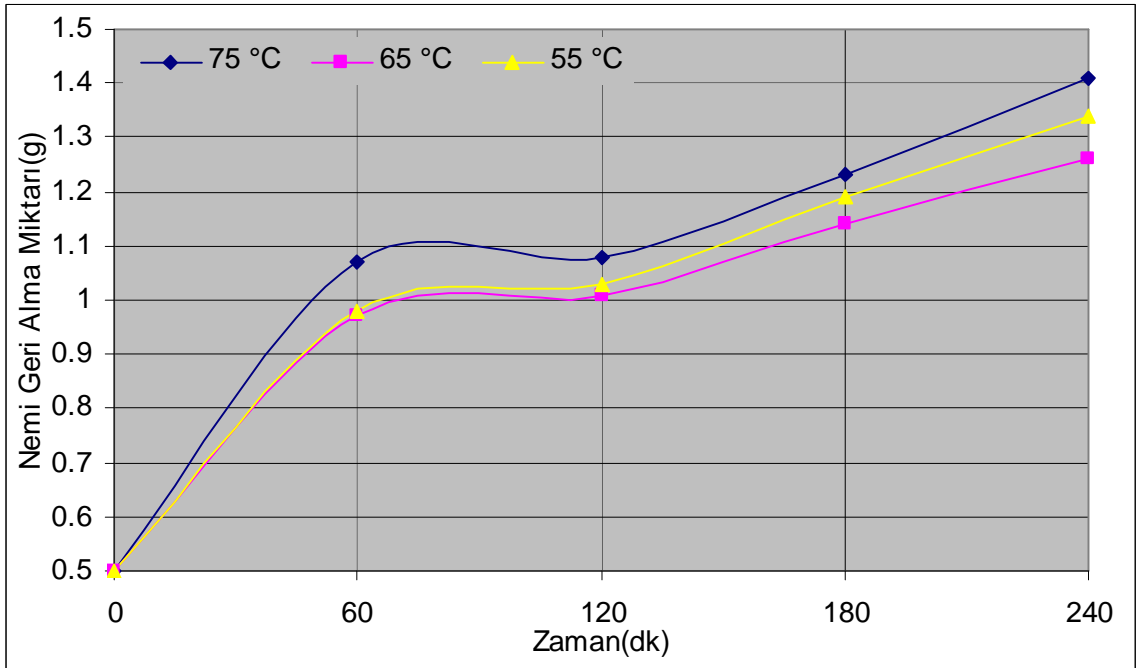
Şekil 122. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı



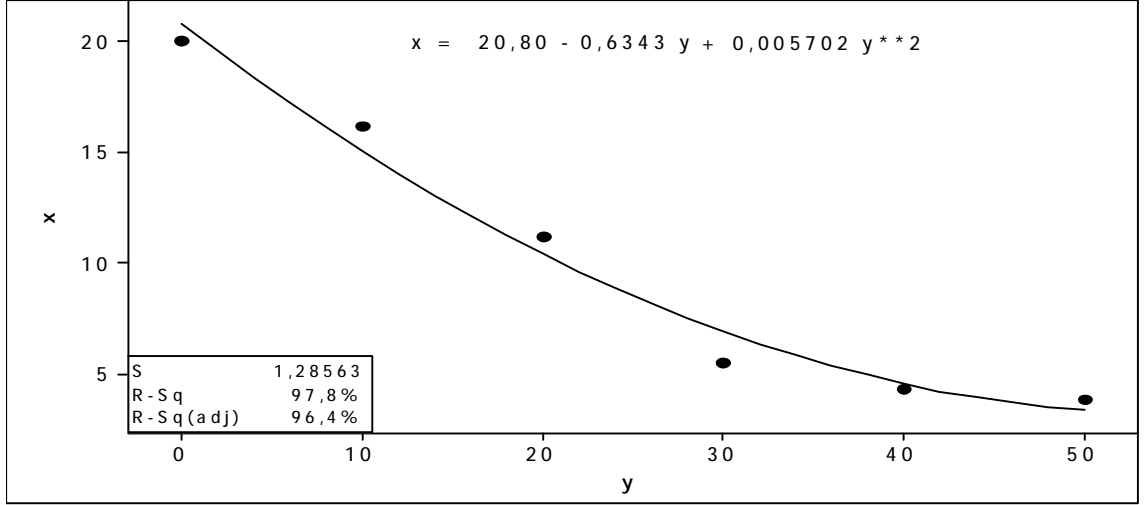
Şekil 123. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi



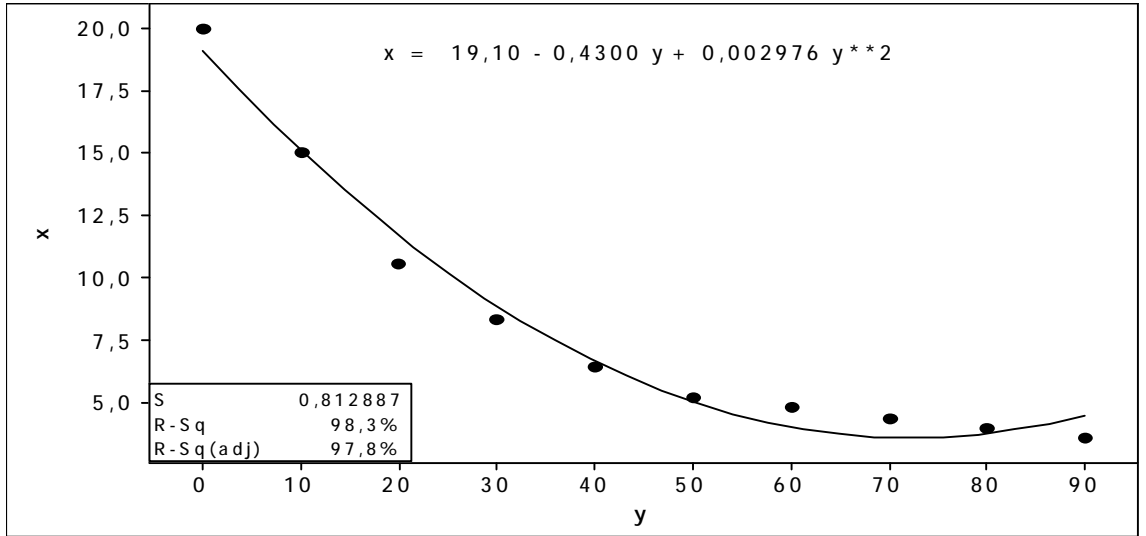
Şekil 124. Maydanozun fırında kurutulmasında zamana bağlı toplam enerji tüketimi



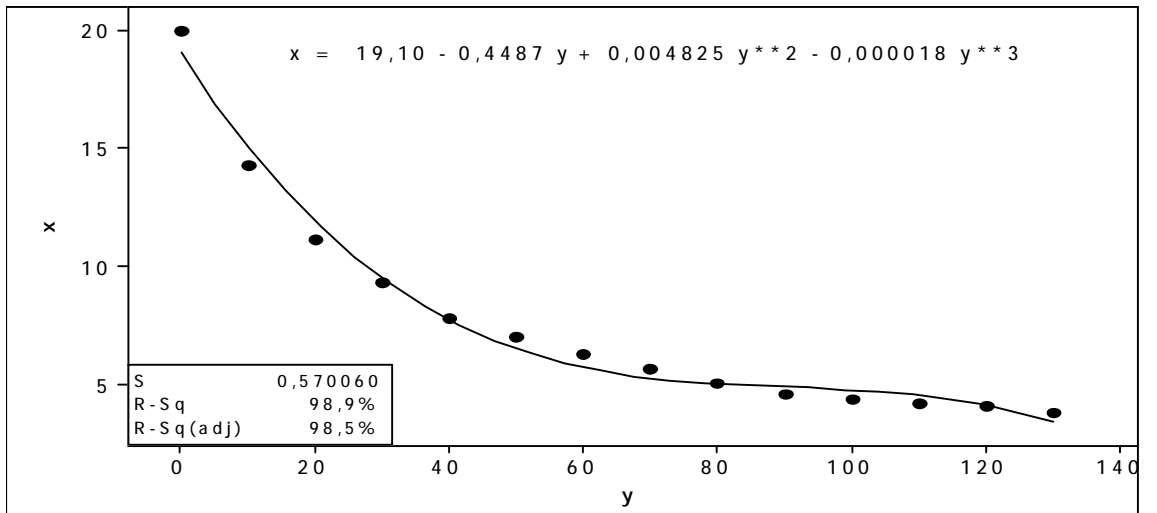
Şekil 125. Fırında kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı



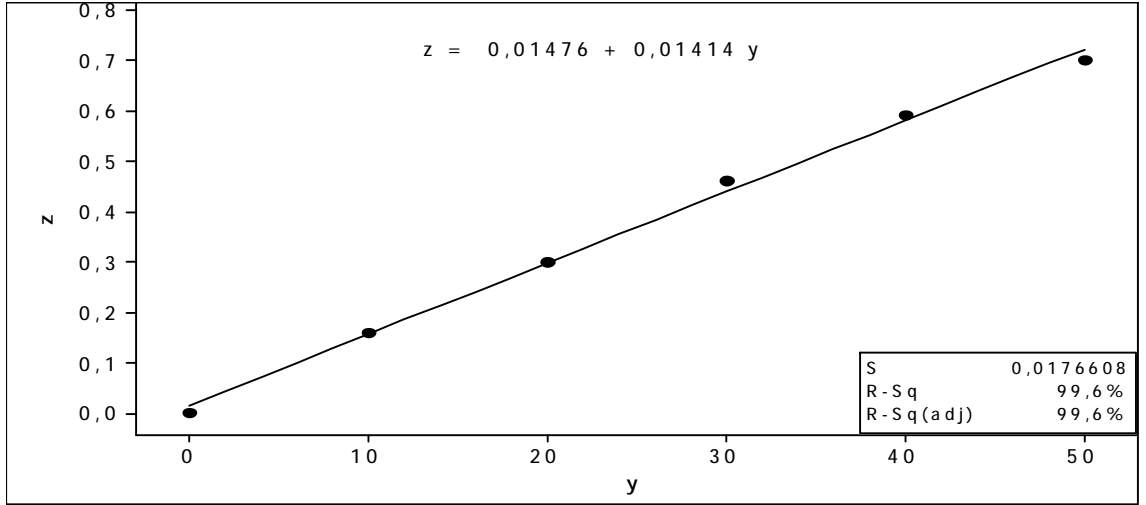
Şekil 126. 75 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



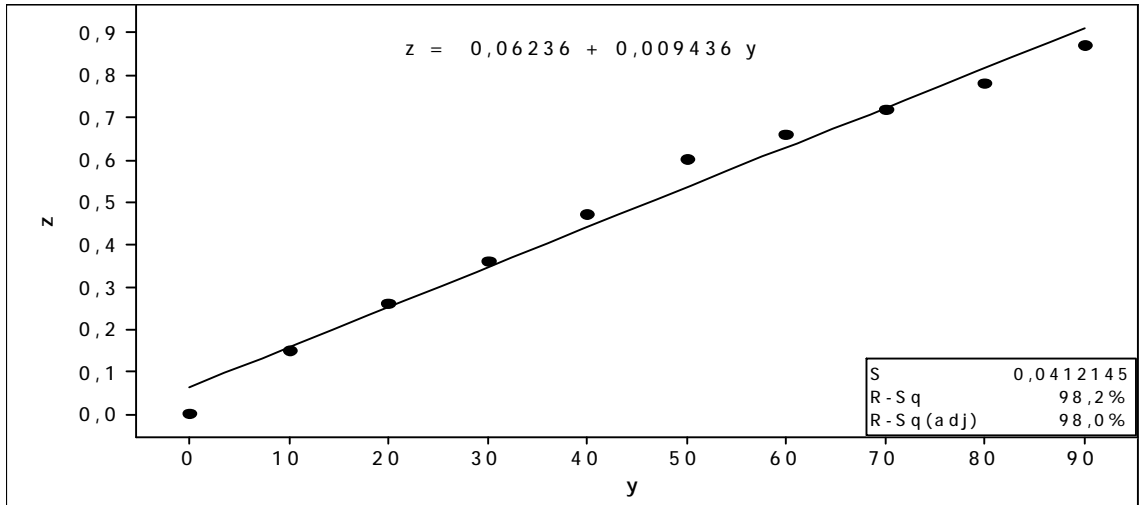
Şekil 127. 65 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



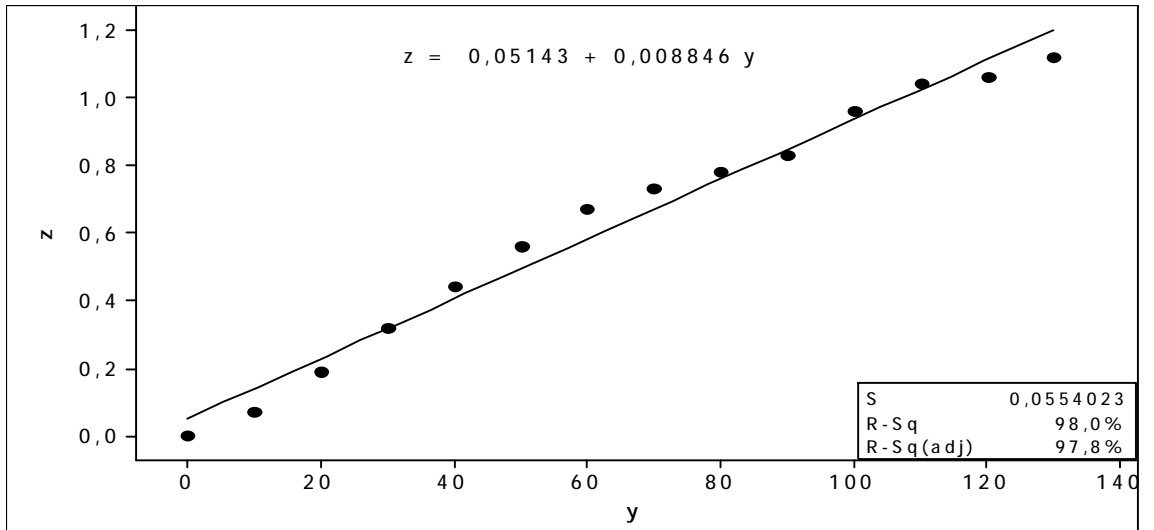
Şekil 128. 55 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı ağırlık kaybının regresyon grafiği



Şekil 129. 75 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği



Şekil 130. 65 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği



Şekil 131. 55 °C'de kurutulan maydanozun zamana bağlı enerji tüketimi regresyon grafiği

4.3. Açık Havada Kurutma

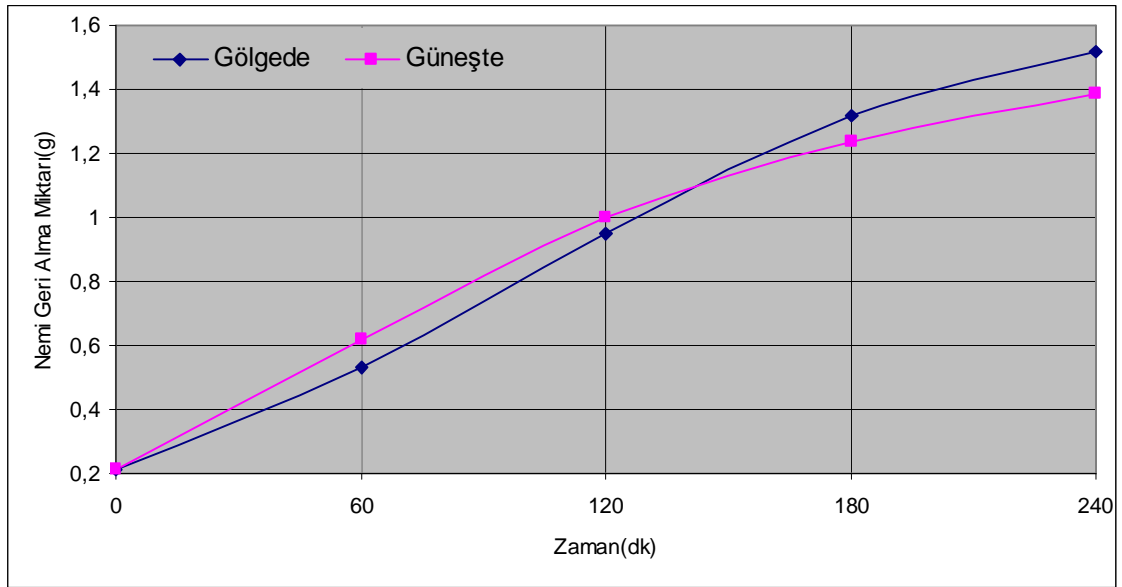
Havuç, elma ve maydanoz açık havada, güneşte ve gölgede kurutulmuştur.

4.3.1. Güneşte Kurutma

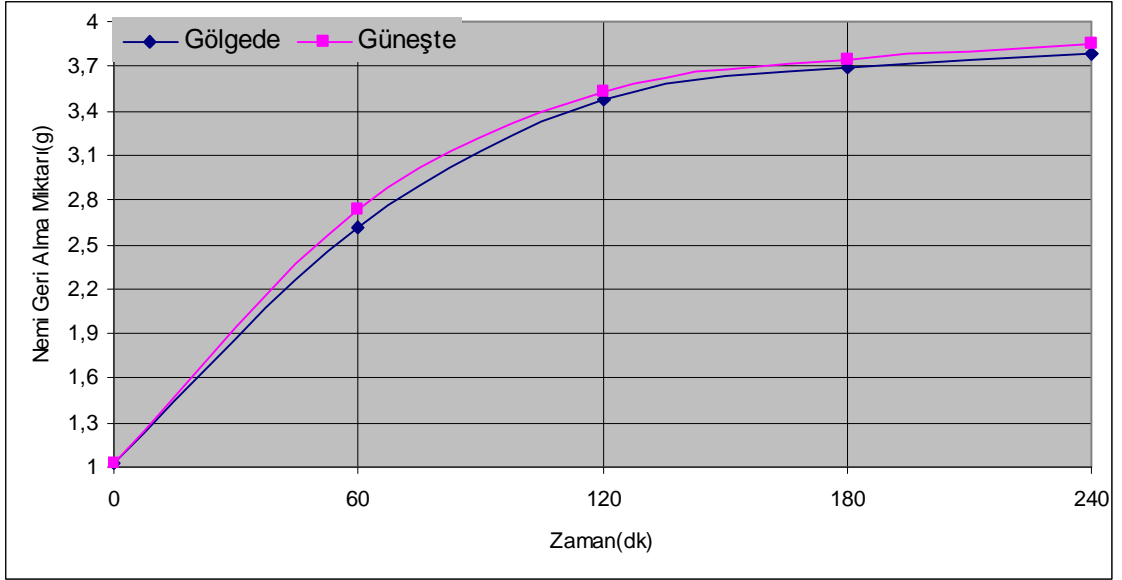
Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan 70 g havucun güneşte ortalama 32.6 °C sıcaklıkta ve %6.01 nemde kurutulmasında iki gün sonunda havucun ağırlığı 6.00 grama, nemi %8'e düşmüştür. Havucun nemi geri alma miktarı Şekil 132'de görülmektedir.

Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78 olan, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan 170 g elmanın güneşte ortalama 32.6 °C sıcaklıkta ve %6.01 nemde kurutulmasında iki gün sonunda elmanın ağırlığı 29.49 grama, nemi %14'e düşmüştür. Elmanın nemi geri alma miktarı Şekil 133'te görülmektedir.

Nemi %83 olan 20 g maydanozun güneşte ortalama 35.1 °C sıcaklıkta ve %30.98 nemde kurutulmasında iki gün sonunda maydanozun ağırlığı 3.54 grama, nemi %14'e düşmüştür. Maydanozun nemi geri alma miktarı Şekil 134'de görülmektedir.



Şekil 132. Güneşte ve gölgede kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı



Şekil 133. Güneşte ve gölgede kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı



Şekil 134. Güneşte ve gölgede kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı

4.3.2. Gölgede Kurutma

Haşlanmadan önceki nemi %90, haşlandıktan sonraki nemi %93 olan 70 g havucun gölgede ortalama 25.45 °C sıcaklıkta ve %19.41 nemde kurutulmasında iki gün sonunda havucun ağırlığı 6.52 grama, nemi %9'a düşmüştür. Havucun nemi geri alma miktarı Şekil 132'de görülmektedir.

Sitrik aside batırılmadan önceki nemi %78, sitrik aside batırıldıktan sonraki nemi %84 olan 170 g elmanın gölgede ortalama 25.45 °C sıcaklıkta ve %19.41 nemde kurutulmasında iki gün sonunda elmanın ağırlığı 30.02 grama, nemi %15'e düşmüştür. Elmanın nemi geri alma miktarı Şekil 133'te görülmektedir.

Nemi %83 olan 20 g maydanozun gölgede ortalama 28.48 °C sıcaklıkta ve %44.7 nemde kurutulmasında iki gün sonunda maydanozun ağırlığı 3.65 grama nemi %15'e ulaşmıştır. Maydanozun nemi geri alma miktarı Şekil 134'te görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Araştırma sonuçlarından da görüldüğü gibi vakumla kurutma, sıcak hava ile ve açık havada kurutmaya göre kurutma zamanında tasarruf sağlamıştır. Enerji açısından bakıldığında güneş enerjisinden yararlanılarak açık havada kurutma en ekonomik yöntemdir. Ancak, açık havada kurutmanın renk ve toz toprak gibi gıda hijyeni açısından olumsuz etkileri söz konusudur. Vakumla kurutmada kurutulan ürünlerin renk korunumu diğer iki yöntemle göre daha iyi olmuştur. Nemi geri alma miktarı vakumlu kurutmada, sıcak havada ve açık havada kurutmaya göre daha yüksektir. Çünkü vakumlu kurutmada ürünün hücre yapısı, diğer iki yöntemle göre daha az zarar görmekte, ürün gözenekli bir yapı kazanmakta ve kurutma sırasında üründe kabuk bağlama görülmemektedir. Diğer yöntemlere göre vakumla kurutmada elde edilen üstün kurutma özellikleri, Bozkurt ve Erkmen 2004, Chin ve ark. 1996, Ganjyal ve ark. 2003, Göçmen ve ark. 2004, Methakhup ve ark. 2005, Tsami ve ark. 1999 tarafından da doğrulanmıştır.

Literatürde vakumla kurutma birçok yöntemle, özellikle mikrodalga kurutma ile birleştirilerek kullanılmıştır. Böylece kurutma zamanında diğer kurutma yöntemlerine göre çok daha önemli zaman ve enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu da vakumlu kurutmanın yüksek ilk yatırım maliyetini bir ölçüde azaltarak ticari olarak kullanılabilirliğine imkan sağlamaktadır. Bütün bu bilgiler ışığında, vakumla kurutma yönteminin ticari değeri yüksek olan, ısıya duyarlı, renk korunumunun ve diğer kalite parametrelerinin önemli olduğu ürünlerin kurutulması için uygun bir yöntem olduğu söylenebilir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda vakumla kurutma yöntemi, diğer kurutma yöntemleri ile birleştirilerek kullanılabilir. Ayrıca kullanılan ürün çeşidi, vakum ve sıcaklık seviyeleri değiştirilerek bu yöntem için daha detaylı veriler elde edilebilir. Böylece bu yöntemin sanayide uygulanabilirliği artırılarak, yaygınlaşması sağlanabilir.

6. SONUÇ

Araştırma sonuçları her bir materyal için alt başlıklar halinde sunulmuştur.

6.1. Havucun Kurutma Sonuçları

Havuç için denemeye alınan 3 yöntemde kuruma süresi açısından en iyi kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg vakum altında(100 dk, 0.3 kWh) yapılan kurutmada elde edilmiştir. Havucun kurutulmasında vakum, sıcak hava ve açık havada kurutmaya göre belirgin ölçüde zamandan tasarruf sağlamıştır. Sıcaklık ve vakum değeri azaldıkça kurutma süresi ve enerji tüketimi artmıştır. En yüksek nemi geri alma miktarı 65 °C 20 mmHg'da (2.33 g/4 sa) gerçekleşmiştir. Kontrole en yakın renk değerleri 75 °C 20 mmHg uygulamasıyla elde edilmiştir(L: 36.34, a: 20.44, b: 18.51). Elde edilen bulgular ışığında havucun kurutulması için en uygun yöntem 75 °C'de 20 mmHg'da vakum altında yapılan kurutma olarak belirlenmiştir.

6.2. Elmanın Kurutma Sonuçları

Elma için denemeye alınan 3 yöntemde kuruma süresi açısından en iyi kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg vakum altında(120 dk, 0.32 kWh) yapılan kurutmada elde edilmiştir. Elmanın kurutulmasında vakum, sıcak hava ve açık havada kurutmaya göre belirgin ölçüde zamandan tasarruf sağlamıştır. Sıcaklık ve vakum değeri azaldıkça kurutma süresi ve enerji tüketimi artmıştır. En yüksek nemi geri alma miktarı 65 °C 50 mmHg'da (3.95 g/4 sa) gerçekleşmiştir. Kontrole en yakın renk değerleri güneşte kurutmada elde edilmiştir(L: 52.84, a: 0.14, b: 18.49). Kurutma süresinin uzunluğu haricinde diğer parametreler göz önüne alınırsa güneşte kurutma elmanın kurutulması için en uygun yöntemdir. Fakat açık havada kurutmanın ürün kalitesine(kirlilik, yabancı madde vs.) olumsuz etkileri göz önüne alınırsa üç kurutma yöntemi içinde elma için en uygun kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg vakum altında yapılan kurutma olduğu söylenebilir.

6.3. Maydanozun Kurutma Sonuçları

Maydanoz için denemeye alınan 3 yöntemde kuruma süresi açısından en iyi kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg vakum altında(20 dk, 0.06 kWh) yapılan kurutmadır. Maydanozun kurutulmasında vakum, sıcak hava ve açık havada kurutmaya göre belirgin ölçüde zamandan tasarruf sağlamıştır. Sıcaklık ve vakum değeri azaldıkça kurutma süresi ve enerji tüketimi artmıştır. En yüksek nemi geri alma miktarı 75 °C 20 mmHg'da(2.48 g/4 sa) gerçekleşmiştir. Kontrole en yakın renk değerleri 75 °C 20 mmHg'da kurutmada elde edilmiştir(L: 30.26, a: -9.91, b:13.48). Elde edilen bulgulara göre maydanozun kurutulması için en uygun yöntem 75 °C'de 20 mmHg vakum altında yapılan kurutmadır.

KAYNAKLAR

- AKBOLAT, D., Y. YILDIZ. 1991. Bazı tarımsal ürünlerin sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi Bildirisi. Konya, 25-27 Eylül 1991, sayfa 416-430.
- AKYILDIZ, A. 1999. Kurutulmuş Elma Çipsi Üretim Tekniği Üzerine Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi(yayınlanmamış), Adana. 88 s.
- ALVES, S. M., A. M. SILVEIRA. 2002. Drying of tomatoes osmotically dehydrated and not osmotically dehydrated. Revista Universidade Rural, 21:21-30.
- ANONİM. 1999, 2000, 2001, 2002. Türkiye Meyve Üretim Değerleri. TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, DİE Matbaası, Ankara.
- ANONİM. 1999, 2000, 2001, 2002. Türkiye Sebze Üretim Değerleri. TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, DİE Matbaası, Ankara.
- ANONİM. 1999, 2000. Dış Ticaret, Maddelere Göre İhracat. TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, DİE Matbaası, Ankara.
- ANONİM. 2005. Sebze Kurutma Gıda Sanayi ve Ticaret A. Ş. Kataloğu. Bandırma Asfaltı, Karacabey, Bursa.
- BEAUDRY, C., G. S. V. RAGHAVAN, C. RATTI, T. J. RENNIE. 2004. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. Drying Technology, 22 (3):521-539.
- BOZKURT, H., O. ERKMEN. 2004. Effects of production techniques on the quality of hot pepper paste. Journal of Food Engineering, 64:173-178.
- CEMEROĞLU, B., F. KARADENİZ, M. ÖZKAN, 2003. Meyve Ve Sebze İşleme Teknolojisi 3. ISBN 975-93575-3-4, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:28, Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara. Syf:541-675.
- CHIN, K. B., J. T. KEETON, R. E. LACEY. 1996. Reduction of Drying Time for Pepperoni by Vacuum-Drying. Journal of Food Science, 61 (1):142-144, 148.
- CHUN YU, Y., F. DI, W. PING, M. YAN. 2004. Preparation technology of ultra-fine powders of Auricularia auricula. Journal of Forestry Research, 15 (2):150-152.
- CUİ, Z., S. XU, D. SUN. 2004. Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices. Journal of Food Engineering, 65:157-164.
- ÇELİK, A. 1999. Tepsili Kurutucu İle Dikdörtgen Prizma Şeklinde Kesilmiş Elma Dilimlerinin Kurutulması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Elazığ. 52 s.

ÇEVİK, İ., A. BİLİŞLİ. 2001. Bazı erik çeşitlerinin kurutmaya elverişliliği üzerine araştırmalar. I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu Bildirisi. Yalova, 25-28 Eylül 2001, sayfa 343-349.

DROUZAS, A. E., H. SCHUBERT. 1996. Microwave Application in Vacuum Drying of Fruits. *Journal of Food Engineering*, 28 (2):203-209.

ERBAŞ, M., M. CERTEL. 1999. Bazı sebzelerin kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi. 2000'li Yıllarda Gıda Bilimi Ve Teknolojisi Kongresi Bildirisi. İzmir, 18-20 Ekim 1999, sayfa 31.

ERGÜNEŞ, G., A. YAĞCIOĞLU. 1991. Çekirdeksiz üzümün sıcak hava ile kurutulmasında kuruma üzerine etki eden faktörler. *Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi Bildirisi*. Konya, 25-27 Eylül 1991, sayfa 441-450.

ERGÜNEŞ, G., E. ÖZGÖZ. 1995. Bazı sebzelerin sera içinde kuruma karakteristikleri. *Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildirisi*. Bursa, 5-7 Eylül 1995, sayfa 461-470.

ERTEKİN, C., O. YALDIZ. 2001. Patlıcan kurutmada kurumunun çeşitli modeller ile açıklanması. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi*. Şanlıurfa, 13-15 Eylül 2001, sayfa 399-404.

ERTEKİN, C., O. YALDIZ, W. MÜHLBAUER. 2001. İncirin kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi ve kuruma davranışının modellenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi*. Şanlıurfa, 13-15 Eylül 2001, sayfa 405-411.

FU, H. Y. 2004. Free radical scavenging and leukemia cell growth inhibitory properties of onion powders treated by different heating processes. *Journal of Food Science*, 69 (1):50-54.

GANJYAL, G. M., M. A. HANNA, D. S. K. DEVADATTAM. 2003. Processing of Sapota (Sapodilla): Drying. *Journal of Food Science*, 68 (2):517-520.

GÖÇMEN, D., O. GÜRBÜZ, R. L. ROUSEFF, J. M. SMOOT, A. F. DAĞDELEN. 2004. Gas chromatographic-olfactometric characterization of aroma active compounds in sun-dried and vacuum-dried tarhana. *European Food Research and Technology*, 218 (6):573-578.

GÜREL, A., G. ERGÜNEŞ. 1997. Siyah çay imalatında kurutma koşullarının kaliteye etkisi üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildirisi*. Tokat, 17-19 Eylül 1997, sayfa 222-232.

İŞİK, E., İ. ALİBAŞ. 2000. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kurutma sistemleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Notu No:3*. Bursa. 64 s.

İBANOĞLU, Ş., M. MASKAN. 2001. Pişirme işleminin tarhana hamurunun kuruma özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 4:271-276.

JAYA, S., H. DAS. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. *Journal of Food Engineering*, 63:125-134.

JAYA, S., H. DAS. 2003. A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21 (7):1215-1234.

KOYUNCU, T., Y. PINAR. 2001. Kırmızı biber için bir güneşli kurutucu tasarımı. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi. Şanlıurfa*, 13-15 Eylül 2001, sayfa 423-430.

KROKİDA, M. K., Z. B. MAROULİS, G. D. SARAVACOS. 2001. The Effect of the Method of Drying on the Colour of Dehydrated Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36:53-59.

KWOK, B. H. L., C. HU, T. DURANCE, D. D. KITTS. 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Food Science*, 69 (3):122-126.

LİN, T.M., T. D. DURANCE, C. H. SCAMAN. 1998. Characterization of Vacuum Microwave, Air and Freeze Dried Carrot Slices. *Food Research International*, 31 (2):111-117.

LİTVİN, S., C. H. MANNHEİM, J. MİLTZ. 1998. Dehydration of Carrots by a Combination of Freeze Drying, Microwave Heating and Air or Vacuum Drying. *Journal of Food Engineering*, 36:103-111.

MADAMBA, P. S. 2002. The Response Surface Methodology: An Application to Optimize Dehydration Operations of Selected Agricultural Crops. *Lebensm.- Wiss- u. Technol.*, 35:584-592.

MENGEŞ, H. O. 2001. Konya Bölgesi'nde yetiştirilen vişne ve kayısıların kontrollü şartlar altında kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi. Şanlıurfa*, 13-15 Eylül 2001, sayfa 393-398.

MENGEŞ, H. O., C. ERTEKİN, C. AYDIN. 2004. Elma kurutmada kurumunun çeşitli modellerle açıklanması. *Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi Bildirisi. Aydın*, 08-10 Eylül 2004, sayfa 33.

METHAKHUP, S., N. CHIEWCHAN, S. DEVAHASTİN. 2005. Effects of Drying Methods and Conditions on Drying Kinetics and Quality of Indian Gooseberry Flake. *Lebensm.- Wiss- u. Technol.*, 38(6): 579-587.

- ÖZKAN, İ. A., E. IŞIK. 2001. Domatesin mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametreleri. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi. Şanlıurfa, 13-15 Eylül 2001, sayfa 418-422.
- ÖZKAN, İ. A., E. IŞIK. 2001. Kayısı ve kirazın mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametrelerinin belirlenmesi. I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu Bildirisi. Yalova, 25-28 Eylül 2001, sayfa 317-327.
- RAHMAN, M. S., O. S. AL-AMRİ, I. M. AL-BULUSHİ. 2002. Pores and physico-chemical characteristics of dried tuna produced by different methods of drying. Journal of Food Engineering, 53:301-313.
- SALDAMLI, İ., E. SALDAMLI. 1990. Gıda Endüstrisi Makinaları. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Kitabı, 1. Baskı. Ankara. Syf: 226-286.
- SHAM, P. W. Y., C. H. SCAMAN, T. D. DURANCE. 2001. Texture of Vacuum Microwave Dehydrated Apple Chips as Affected by Calcium Pretreatment, Vacuum Level, and Apple Variety. Journal of Food Science, 66 (9):1341-1347.
- SUNJKA, P. S., T. J. RENNIE, C. BEAUDRY, G. S. V. RAGHAVAN. 2004. Microwave-convective and microwave-vacuum drying of cranberries: a comparative study. Drying Technology, 22 (5):1217-1231.
- SOYLU, A. 2003. Ilıman İklim Meyveleri. Uludağ Üniversitesi Ders Notları No:72, Bursa. Syf:1-73.
- TEYMUR, N. 1999. Maydanoz Ve Dereotunun Kurutulması Ve Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi(yayınlanmamış), İstanbul. 61 s.
- TSAMİ, E., M. K. KROKİDA, A. E. DROUZAS. 1999. Effect of Drying Method on The Sorption Characteristics of Model Fruit Powders. Journal of Food Engineering, 38:381-392.
- TUĞRUL, N., İ. DOYMAZ, M. PALA. 2001. Dereotunun kuruma karakteristiklerinin incelenmesi. Gıda, 6:403-407.
- VURAL, H., D. EŞİYOK, İ. DUMAN. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). ISBN: 975-97190-0-2, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Bornova-İzmir. Syf:221-230, 242-247.
- WEI, C. Z., X. SHI YING, S. DAWEN. 2004. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of chinese chive leaves. Drying Technology, 22 (3):563-575.

YAĞCIOĞLU, A. 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. ISBN: 975-483-400-8. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Bornova-İzmir. Syf: 171-250.

YONGSAWATDİGUL, J., S. GUNASEKARAN. 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part I. Energy use and efficiency. Journal of Food Processing and Preservation, 20:121-143.

YONGSAWATDİGUL, J., S. GUNASEKARAN. 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II. Quality evaluation. Journal of Food Processing and Preservation, 20:145-156.

ZHONG, T., M. LİMA. 2003. The Effect of Ohmic Heating on Vacuum Drying Rate of Sweet Potato Tissue. Bioresource Technology, 87:215-220.

EKLER**EK-1. Elmanın vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi**

Zaman(dk)	75 °C Vakumda Kurutma						75 °C Fırında Kurutma		65 °C Vakumda Kurutma						65 °C Fırında Kurutma		55 °C Vakumda Kurutma						55 °C Fırında Kurutma	
	20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg		1	2	20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg		1	2	20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg		1	2
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	170	0	170	0	170	0	170.0	0	170	0	170	0	170	0	170.0	0	170	0	170	0	170	0	170.0	0
10	155	0.03	157	0.03	153	0.03	147.1	0.16	156	0.03	158	0.02	160	0.02	154.9	0.15	163	0.03	164	0.03	164	0.03	154.4	0.07
20	140	0.06	143	0.05	142	0.06	136.1	0.3	142	0.05	143	0.04	149	0.04	139.3	0.26	151	0.06	157	0.06	157	0.05	142.8	0.19
30	123	0.09	130	0.08	132	0.09	119.4	0.46	131	0.07	131	0.07	141	0.07	128.4	0.36	139	0.09	143	0.09	150	0.08	133.8	0.32
40	105	0.11	117	0.11	122	0.11	108.5	0.59	118	0.09	119	0.1	131	0.1	115.2	0.47	127	0.12	136	0.11	142	0.1	123.7	0.44
50	86	0.13	103	0.13	108	0.14	97.3	0.7	105	0.11	107	0.12	120	0.12	103.4	0.6	120	0.14	130	0.14	136	0.12	116.5	0.56
60	74	0.16	90	0.16	93	0.17	88.7	0.78	91	0.14	92	0.14	115	0.14	95.0	0.66	111	0.17	123	0.17	128	0.15	108.9	0.67
70	62	0.19	77	0.19	83	0.2	80.9	0.91	79	0.16	84	0.17	106	0.17	86.6	0.72	100	0.2	116	0.21	121	0.17	101.1	0.73
80	49	0.22	64	0.22	69	0.23	70.8	1.04	65	0.18	71	0.19	94	0.19	78.3	0.78	88	0.22	108	0.24	110	0.2	93.2	0.78
90	41	0.24	55	0.24	55	0.26	62.4	1.18	54	0.2	59	0.21	79	0.21	69.9	0.87	82	0.25	101	0.27	100	0.22	85.0	0.83
100	35	0.26	44	0.26	45	0.28	54.3	1.25	43	0.23	49	0.24	71	0.24	61.6	1.02	73	0.27	94	0.3	89	0.25	78.8	0.96
110	31	0.29	38	0.29	37	0.3	47.1	1.39	38	0.25	41	0.26	63	0.26	51.9	1.15	66	0.3	85	0.33	84	0.28	72.7	1.04
120	28	0.32	33	0.32	33	0.32	40.4	1.53	33	0.27	33	0.28	56	0.28	46.4	1.26	57	0.33	77	0.35	78	0.31	66.3	1.06
130			31	0.35	30	0.34	35.5	1.63	30	0.3	29	0.3	48	0.31	41.4	1.36	48	0.36	69	0.37	70	0.33	60.2	1.12
140			29	0.37	29	0.37	31.0	1.72	28	0.32	28.5	0.31	45	0.32	37.1	1.43	41	0.38	62	0.4	63	0.37	55.8	1.18
150							28.7	1.86			28	0.33	42	0.34	34.1	1.49	38	0.41	55	0.43	55	0.39	51.5	1.24
160							27.1	1.97					35	0.38	31.2	1.55	35	0.44	49	0.45	47	0.41	47.1	1.31
170							26.4	2.1					33	0.41	28.9	1.67	32	0.47	43	0.47	42	0.44	43.0	1.32
180							26.0	2.19					31	0.44	26.9	1.77	31	0.5	38	0.5	38	0.46	38.9	1.39
190													30	0.46	25.7	1.88	30	0.52	34	0.52	35	0.49	35.6	1.49
200													29	0.5	24.8	1.99	29	0.54	32	0.53	34	0.5	33.2	1.55
210															24.2	2.14			30	0.55	32	0.53	30.7	1.59
220																					29	0.55	29.0	1.68
230																					27	0.58	27.6	1.77
240																							26.7	1.8
250																							26.0	1.86
260																							25.4	1.95
270																							25.1	2.04
280																							25.0	2.05
290																							24.8	2.11

1: Ağırlık kaybı(g), 2: Enerji tüketimi(kWh)

EK-2. Havucun vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi

Zaman(dk)	75 °C Vakumda Kurutma						75 °C Fırında Kurutma		65 °C Vakumda Kurutma						65 °C Fırında Kurutma		55 °C Vakumda Kurutma						55 °C Fırında Kurutma				
	20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg				20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg				20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg						
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
0	70	0	70	0	70	0	70.0	0	70	0	70	0	70	0	70.0	0	70	0	70	0	70	0	70.0	0	70.0	0	
10	57	0.03	56	0.04	60	0.02	60.6	0.16	60.2	0.03	62.8	0.03	61.6	0.03	62.5	0.15	62.3	0.03	62.3	0.03	66.3	0.03	63.4	0.07	63.4	0.07	
20	46	0.06	49	0.07	52	0.05	54.2	0.3	53.9	0.05	56.1	0.06	54.7	0.05	56.4	0.26	56.4	0.06	58.3	0.05	62.3	0.06	57.7	0.19	57.7	0.19	
30	37	0.09	40	0.1	44	0.08	46.7	0.46	47.0	0.08	50.2	0.08	49.7	0.08	52.5	0.36	51.3	0.08	54.1	0.08	57.0	0.09	53.2	0.32	53.2	0.32	
40	29	0.12	33	0.12	38	0.1	39.9	0.59	39.9	0.11	43.4	0.1	43.9	0.11	47.8	0.47	46.7	0.1	50.1	0.11	55.0	0.12	48.2	0.44	48.2	0.44	
50	21	0.15	25	0.15	33	0.13	34.0	0.7	34.0	0.14	37.6	0.12	38.8	0.14	43.6	0.6	42.1	0.13	46.0	0.14	51.0	0.14	45.3	0.56	45.3	0.56	
60	14	0.18	19	0.18	27	0.16	29.4	0.78	28.5	0.17	32.3	0.15	34.2	0.17	40.8	0.66	37.9	0.16	42.1	0.16	47.0	0.16	42.6	0.67	42.6	0.67	
70	11	0.22	13	0.21	22	0.19	25.3	0.91	25.0	0.2	27.3	0.18	29.3	0.2	38.0	0.72	33.7	0.19	38.3	0.18	44.0	0.19	39.0	0.73	39.0	0.73	
80	8	0.24	8	0.24	19	0.22	21.9	1.04	21.6	0.23	23.1	0.21	24.5	0.23	35.1	0.78	30.0	0.21	34.0	0.21	40.0	0.22	35.4	0.78	35.4	0.78	
90	6	0.27	6	0.27	14	0.25	18.7	1.18	17.8	0.26	19.7	0.24	20.1	0.25	32.3	0.87	26.4	0.24	30.0	0.22	37.0	0.25	31.5	0.83	31.5	0.83	
100	5	0.3	5	0.31	11	0.28	15.9	1.25	14.4	0.29	16.3	0.26	16.1	0.28	28.1	1.02	22.9	0.27	26.7	0.25	34.0	0.28	29.1	0.96	29.1	0.96	
110			4	0.34	10	0.3	13.4	1.39	11.8	0.31	13.7	0.28	13.4	0.31	22.5	1.15	19.0	0.29	23.3	0.28	30.0	0.3	26.8	1.04	26.8	1.04	
120					8	0.33	11.2	1.53	9.6	0.33	11.5	0.3	11.1	0.34	19.4	1.26	15.7	0.31	19.9	0.31	27.0	0.33	24.0	1.06	24.0	1.06	
130					7	0.37	9.4	1.63	7.9	0.36	9.6	0.33	9.0	0.36	16.7	1.36	13.5	0.33	17.5	0.33	24.0	0.36	21.2	1.12	21.2	1.12	
140					6	0.4	7.6	1.72	6.9	0.38	8.0	0.35	7.3	0.38	14.3	1.43	11.5	0.35	15.5	0.36	22.0	0.39	19.1	1.18	19.1	1.18	
150					6	0.43	6.5	1.86	6.2	0.41	6.8	0.38	6.2	0.41	12.3	1.49	9.6	0.38	13.5	0.39	20.0	0.42	17.4	1.24	17.4	1.24	
160					6	0.45	5.7	1.97	5.8	0.43	6.1	0.4	5.5	0.44	10.4	1.55	8.2	0.41	11.7	0.42	17.0	0.45	15.2	1.31	15.2	1.31	
170							5.2	2.1	5.6	0.45	5.7	0.43	5.1	0.47	9.1	1.67	7.2	0.43	9.9	0.44	15.0	0.48	13.6	1.32	13.6	1.32	
180							4.9	2.19			5.4	0.46	4.9	0.5	7.6	1.77	6.5	0.45	8.5	0.47	13.0	0.5	11.9	1.39	11.9	1.39	
190							4.7	2.29					4.8	0.52	6.8	1.88	6.1	0.48	7.4	0.5	12.0	0.53	10.5	1.49	10.5	1.49	
200															6.0	1.99	5.8	0.51	6.7	0.52	10.0	0.55	9.3	1.55	9.3	1.55	
210															5.5	2.14	5.7	0.54	6.3	0.55	8.5	0.58	8.1	1.59	8.1	1.59	
220															5.3	2.19			5.9	0.58	7.4	0.61	7.1	1.68	7.1	1.68	
230															5.1	2.25			5.7	0.6	6.5	0.63	6.4	1.77	6.4	1.77	
240															4.9	2.38			5.7	0.63	5.9	0.66	5.8	1.8	5.8	1.8	
250															4.8	2.44					5.5	0.69	5.3	1.86	5.3	1.86	
260																					5.2	0.72	5.0	1.95	5.0	1.95	
270																								4.8	2.04	4.8	2.04
280																								4.6	2.05	4.6	2.05
290																								4.6	2.11	4.6	2.11

1: Ağırlık kaybı(gr), 2: Enerji tüketimi(kWh)

EK-3. Maydanozun vakumda ve fırında kurutulmasının ağırlık kaybı ve enerji tüketimi üzerine etkisi

Zamanı(dk)	75 °C Vakumda Kurutma						75 °C Fırında Kurutma		65 °C Vakumda Kurutma						65 °C Fırında Kurutma		55 °C Vakumda Kurutma						55 °C Fırında Kurutma			
	20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg				20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg				20 mmHg		50 mmHg		75 mmHg					
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	20	0	20	0	20	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0	20.0	0
5	11.5	0.03	12.6	0.02	15.4	0.02			15.0	0.01	13.9	0.01	15.5	0.01			15.5	0.01	14.3	0.02	15.6	0.01				
10	6.3	0.04	7.4	0.04	11.2	0.04	16.2	0.16	10.9	0.03	10.0	0.02	11.7	0.03	15.0	0.15	11.9	0.02	11.4	0.03	12.3	0.02	14.3	0.07		
15	4.0	0.05	4.2	0.06	8.0	0.05			7.6	0.04	7.6	0.04	8.6	0.04			9.1	0.04	9.6	0.04	9.6	0.04				
20	3.4	0.06	4.0	0.08	5.3	0.07	11.2	0.3	5.3	0.05	5.7	0.06	6.2	0.06	10.6	0.26	6.9	0.05	7.7	0.05	8.3	0.05	11.1	0.19		
25			3.5	0.09	4.0	0.09			3.9	0.06	4.3	0.07	4.6	0.08			5.4	0.06	6.6	0.07	7.0	0.06				
30					3.7	0.11	5.5	0.46			3.5	0.08	3.8	0.09	8.3	0.36	4.3	0.07	5.5	0.08	5.7	0.07	9.3	0.32		
35													3.5	0.11			3.7	0.08	4.5	0.09	4.8	0.08				
40							4.3	0.59							6.5	0.47			3.9	0.11	4.1	0.1	7.8	0.44		
45																			3.5	0.12	3.7	0.12				
50							3.8	0.7							5.2	0.6					3.5	0.13	7.0	0.56		
55																										
60															4.8	0.66									6.3	0.67
65																										
70															4.4	0.72									5.6	0.73
75																										
80															4.0	0.78									5.0	0.78
85																										
90															3.6	0.87									4.6	0.83
95																										
100																									4.4	0.96
105																										
110																									4.2	1.04
115																										
120																									4.1	1.06
125																										
130																									3.8	1.12

1: Ağırlık kaybı(gr), 2: Enerji tüketimi(kWh)

EK-4. Kurutulmuş havucun nemi geri alma miktarı ve renk değerleri

		Nemi Geri Alma Miktarı(g)					Renk Değerleri		
		0	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	L	a	b
Hammadde							34.13	7.83	14.92
75 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.19	1.05	1.41	1.57	1.99	36.34	20.44	18.51
	50 mmHg	0.2	0.9	1.09	1.14	1.26	26.77	24.04	15.04
	75 mmHg	0.21	1.03	1.43	1.63	2.13	22.23	16.92	12.38
75 °C'de fırında kurutma		0.2	0.81	1.24	1.61	1.85	22.65	15.96	11.81
65 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.2	1.06	1.43	1.65	2.33	28.61	18.71	16.39
	50 mmHg	0.2	0.82	0.95	1.02	1.14	27.00	11.83	13.50
	75 mmHg	0.21	0.9	1.26	1.49	2.16	23.62	18.61	13.38
65 °C'de fırında kurutma		0.2	0.88	1.38	1.75	2.02	30.12	21.44	14.79
55 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.19	1.01	1.31	1.41	1.52	20.47	16.39	11.41
	50 mmHg	0.21	0.93	1.36	1.52	1.66	30.22	25.29	16.53
	75 mmHg	0.21	1.09	1.42	1.6	2.19	37.10	17.16	17.76
55 °C'de fırında kurutma		0.2	0.82	1.34	1.69	1.95	18.72	15.94	11.53
Gölgede kurutma		0.21	0.53	0.95	1.32	1.52	32.46	16.67	14.63
Güneşte kurutma		0.21	0.62	1	1.24	1.39	35.96	19.15	16.02

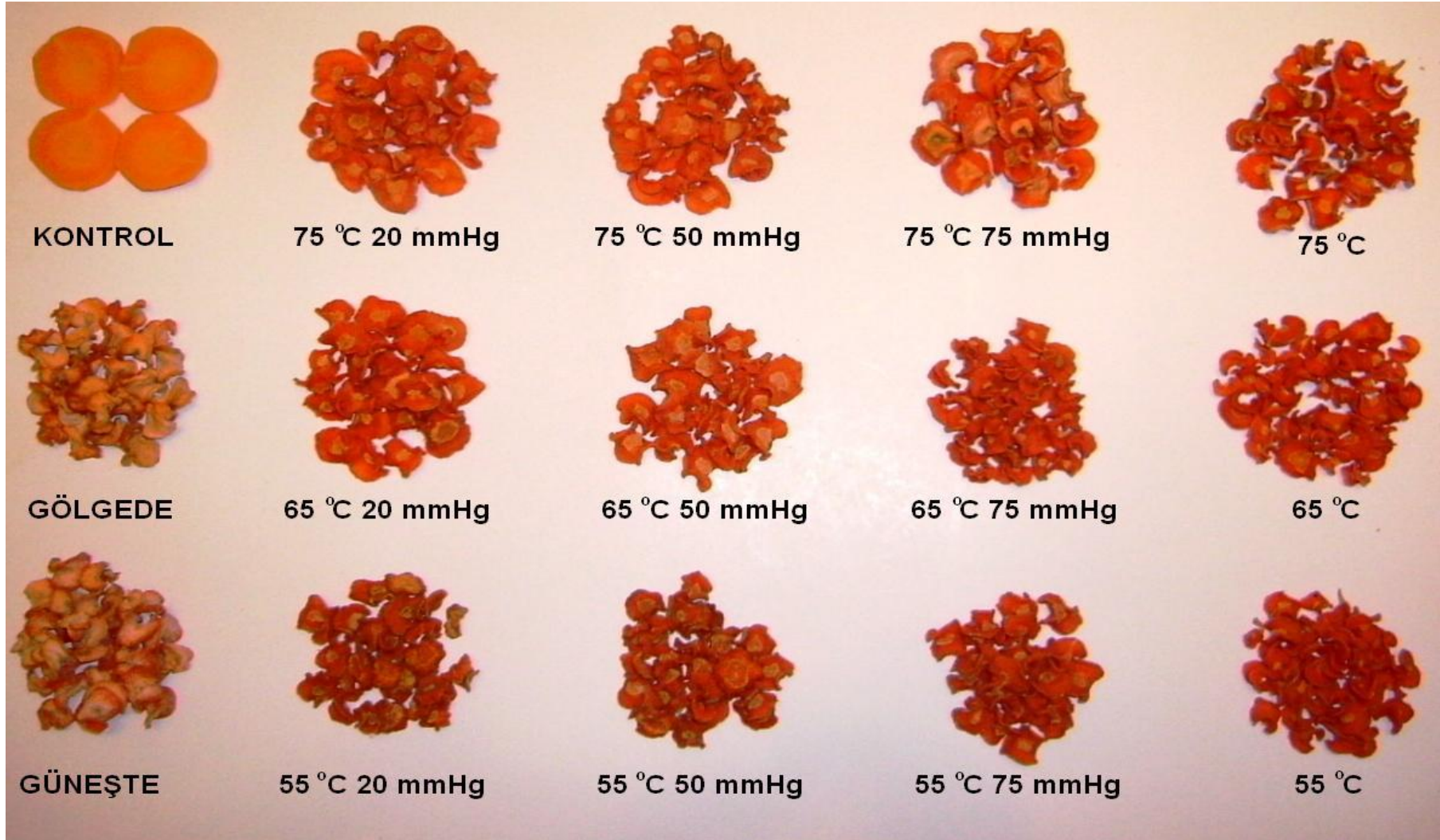
EK-5. Kurutulmuş elmanın nemi geri alma miktarı ve renk değerleri

		Nemi Geri Alma Miktarı(g)					Renk Değerleri		
		0	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	L	a	b
Hammadde							66.73	1.275	19.74
75 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	1.01	3.01	3.32	3.72	3.88	36.62	0.86	16.42
	50 mmHg	1.02	3.21	3.44	3.58	3.71	35.76	4.06	14.75
	75 mmHg	1.01	3	3.11	3.18	3.46	29.93	4.55	14.42
75 °C'de fırında kurutma		1.01	2.94	3.48	3.57	3.67	36.44	6.86	18.91
65 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	1	3.22	3.37	3.4	3.55	27.12	4.09	11.76
	50 mmHg	1.02	3.38	3.41	3.73	3.95	24.53	4.92	10.23
	75 mmHg	1.01	3.4	3.64	3.73	3.93	31.12	9.38	16.29
65 °C'de fırında kurutma		1	3.06	3.39	3.44	3.56	45.60	2.43	21.59
55 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	1.02	3.15	3.29	3.55	3.55	23.92	6.39	10.39
	50 mmHg	1.01	3.08	3.17	3.18	3.41	30.05	3.52	11.76
	75 mmHg	1.01	2.76	3.23	3.48	3.93	30.83	3.78	16.35
55 °C'de fırında kurutma		1.01	2.87	3.54	3.55	3.61	42.99	3.90	20.62
Gölgede kurutma		1.03	2.62	3.47	3.69	3.78	39.05	7.04	18.81
Güneşte kurutma		1.03	2.73	3.53	3.75	3.85	52.84	0.14	18.49

EK-6. Kurutulmuş maydanozun nemi geri alma miktarı ve renk değerleri

		Nemi Geri Alma Miktarı(g)					Renk Değerleri		
		0	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	L	a	b
Hammadde							30.28	-9.07	12.54
75 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.5	1.96	2.1	2.12	2.48	36.64	-8.61	12.37
	50 mmHg	0.51	1.88	1.88	1.99	2.35	30.26	-9.91	13.48
	75 mmHg	0.5	1.46	1.5	1.66	1.71	27.93	-7.75	12.71
75 °C'de fırında kurutma		0.5	1.07	1.08	1.23	1.41	33.14	-7.42	12.78
65 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.5	1.7	1.8	1.9	2.08	28.77	-8.43	12.34
	50 mmHg	0.5	1.43	1.46	1.75	1.97	27.31	-7.02	11.7
	75 mmHg	0.5	1.47	1.55	1.67	1.93	37.84	-9.6	14.95
65 °C'de fırında kurutma		0.5	0.97	1.01	1.14	1.26	33.75	-8.83	14.13
55 °C'de vakumda kurutma	20 mmHg	0.5	1.32	1.72	1.84	1.91	37.09	-9.27	16.87
	50 mmHg	0.51	1.32	1.47	1.76	1.79	39.59	-9.59	15.98
	75 mmHg	0.5	1.23	1.46	1.89	2.02	36.39	-9.38	14.79
55 °C'de fırında kurutma		0.5	0.98	1.03	1.19	1.34	28.46	-6.92	10.91
Gölgede kurutma		0.5	0.9	0.95	1.05	1.15	34.94	-8.15	12.91
Güneşte kurutma		0.5	0.98	1.1	1.21	1.31	29.00	-5.97	11.34

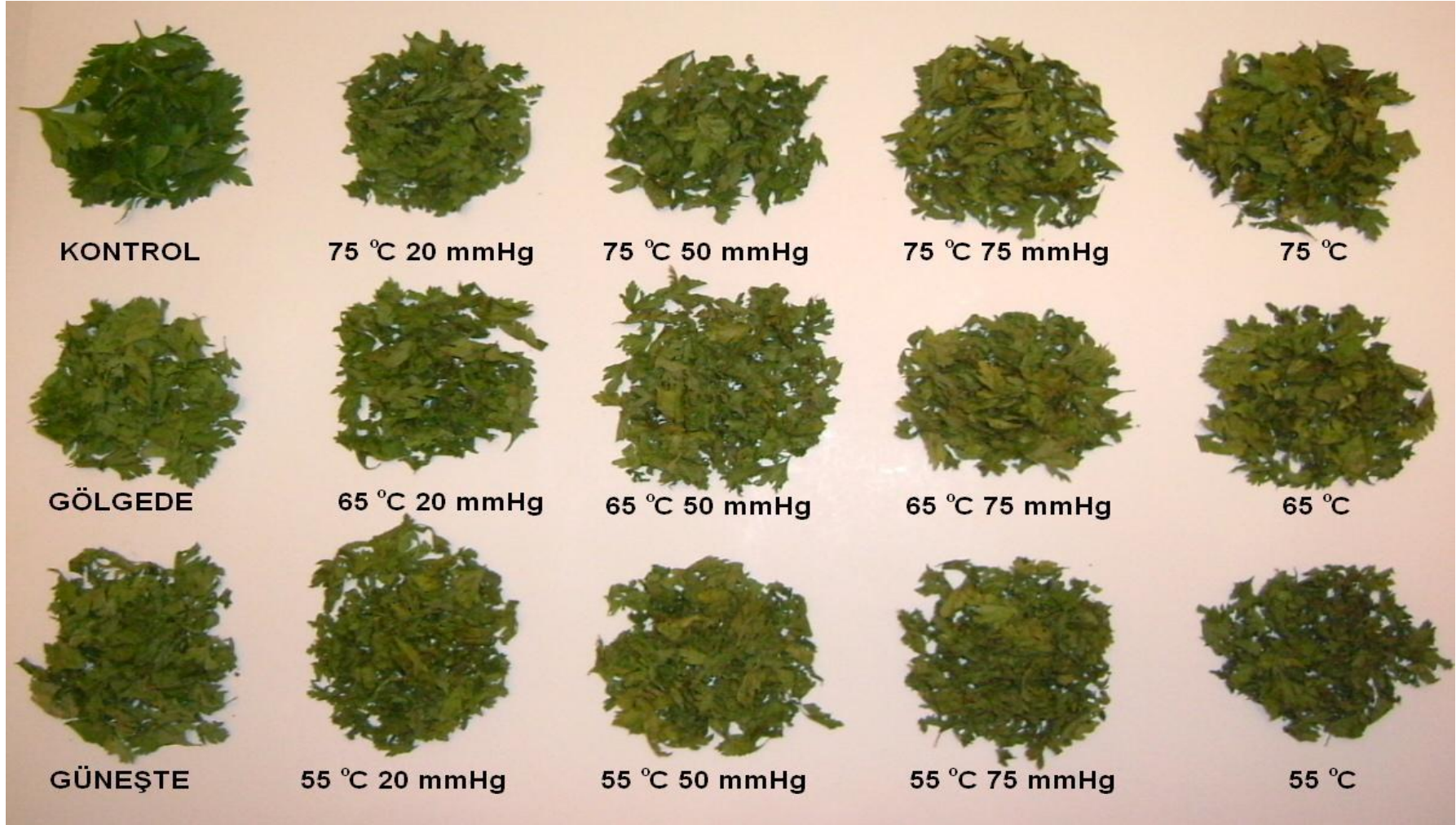
EK-7. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş havuç dilimleri.



EK-8. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş elma dilimleri.



EK-9. Açık havada, vakum altında ve sıcak hava ile kurutulmuş maydanoz yaprakları.



TEŐEKKÖR

Tez çalıőmamda son aőamaya gelinceye kadar değerli bilgi ve yardımlarından yararlandığım tez danıőmanım, Sayın Hocam Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ'a, tez çalıőmamı gerçekleőtirmemde yardımcı olan ve benden desteklerini esirgemeyen Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Tarım Makinaları Bölümü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Zootekni Bölümü, Toprak Bölümü, Tarla Bitkileri Bölümü ve Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üye ve Yardımcılarına ve maddi ve manevi desteklerini hayatım boyunca esirgemeyen annem Asuman AYHAN'a, babam A. Necmettin AYHAN'a, kardeőim Serdar AYHAN'a ve Adnan Fatih DAĞDELEN'e teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Bursa'da doğmuş, ilk, orta ve lise öğretimini Bursa'da tamamlayarak 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde lisans eğitimine başlamıştır.

2002 yılında bu bölümü üçüncülükle bitirerek mezun olmuş ve aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2002 yılından beri aynı bölümde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.