

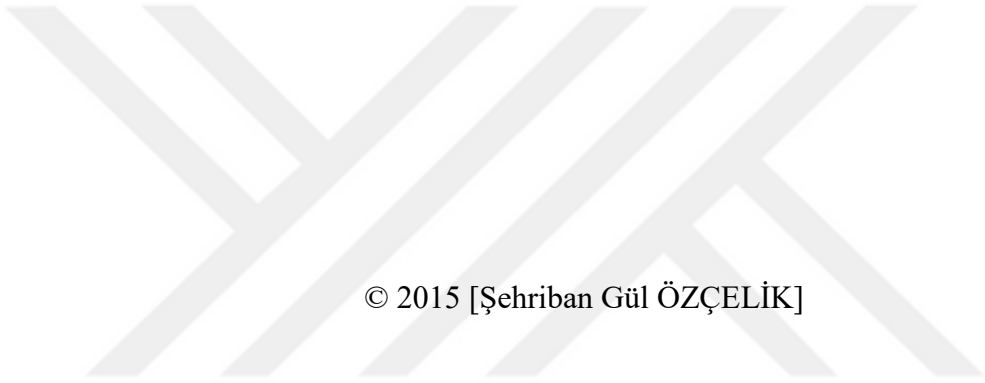
**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABAK  
DİLİMLERİNİN ÖNKURUTMA KOMBİNELİ KIZARTMA  
İŞLEMİNİN YAĞ EMİLİMİ ve ÜRÜN TEKSTÜRÜ AÇISINDAN  
OPTİMİZASYONU**

**Şehriban Gül ÖZÇELİK**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Erkan KARACABEY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2015**



© 2015 [Şehriban Gül ÖZÇELİK]

## TEZ ONAYI

**Şehriban Gül ÖZÇELİK** tarafından hazırlanan "**Kabak Dilimlerinin Önkurutma Kombineli Kızartma İşleminin Yağ Emilimi ve Ürün Tekstürü Açısından Optimizasyonu**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

<b>Danışman</b>	<b>Yrd. Doç Dr. Erkan KARACABEY</b> Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Prof. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER</b> Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Yrd. Doç. Dr. Cem BALTACIOĞLU</b> Niğde Üniversitesi	.....

<b>Enstitü Müdürü</b>	<b>Doç. Dr. Yasin TUNCER</b>	.....
-----------------------	------------------------------	-------

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Şehriban Gül ÖZÇELİK**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiii
1.GİRİŞ .....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM .....	11
3.1.Materyal .....	11
3.2.Yöntem.....	11
3.2.1.Kurutma yöntemi .....	11
3.2.2.Kızartma yöntemi.....	14
3.2.3.Depolama .....	15
3.2.4.Analizler.....	16
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	22
4.1.Kontrol Gruplarında Denemelerin Gerçekleştirilmesi .....	22
4.2.Duyusal Analiz.....	23
4.3.Optimizasyon Çalışmaları .....	25
4.3.1.Konveksiyonel kurutma .....	25
4.3.2.Mikrodalga kurutma.....	48
4.4.Depolama .....	64
4.4.1.Tekstür.....	65
4.4.2.Kuru madde, nem ve yağ içeriği .....	72
4.4.3.Renk .....	75
4.5. Görüntü Analizi (SEM).....	77
4.6.Osmotik Dehidrasyon.....	84
4.7.Ultrason Destekli Osmotik Dehidrasyon .....	90
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	98
6.KAYNAKLAR .....	101
ÖZGEÇMİŞ .....	107

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KABAK DİLİMLERİNİN ÖNKURUTMA KOMBİNELİ KIZARTMA İŞLEMİNİN YAĞ EMİLİMİ ve ÜRÜN TEKSTÜRÜ AÇISINDAN OPTİMİZASYONU

Şehriban Gül ÖZÇELİK

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erkan KARACABEY

Çalışmamızda ülkemizde tüketimi oldukça fazla olan ve özellikle derin daldırma yöntemi ile kızartılarak tercih edilen kabak sebzesinin yağ emilim oranları üzerinde durulmuştur. Temel amaç yağ emilimi üzerindeki doğrudan ilişkisi nedeniyle bu sebzenin ön kurutma işlemi ile nem içeriklerinin kısmen düşürülmesi ve bunun sonucunda kızartılmış nihai ürünlerin yağ emiliminin azaltılmasıdır. Bu amaca yönelik olarak kabak sebzesine konveksiyonel kurutma, mikrodalga kurutma, osmotik dehidrasyon, vakum destekli osmotik dehidrasyon ve ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön işlemleri uygulanmış, devamında derin daldırma yöntemi ile kızartılmışlardır. Burada öncelikle kızartma işlem koşullarının nihai ürünlerin yağ emilimi başta olmak üzere tekstürel özellikleri, nem içerikleri ve yüzey renk değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca temel amaca yönelik olarak konveksiyonel ve mikrodalga kurutma ön işlem uygulamaları kombineli kızartma uygulamaları yanıt yüzey yöntemi ile optimize edilmiştir.

Hedeflenen daha az yağ absorpsiyonu ve arzu edilen kalite özelliklerine (yüzey rengi ve tekstür) yönelik en etkin kurutma ve devamında kızartma işlemi parametreleri konveksiyonel kurutma işlemi için kurutma sıcaklığı 49 °C, ağırlık kaybı %11 ve kızartma sıcaklık değeri 175 °C ve kızartma süresi 103 saniye olarak belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma işlemi için ise ağırlık kaybı %10, kızartma sıcaklık değeri 159 °C ve kızartma süresi 180 saniye optimum proses koşulları olarak tespit edilmiştir.

Konveksiyonel ön kurutma uygulanmış örneklerde arzu edilen % nem, %yağ, renk değerleri ve tekstür özellikleri bakımından ortalama hedeflere ulaşma oranı %75 üzerinde gerçekleşmiştir. Mikrodalga ön kurutma uygulanmış örneklerde ise genel ortalama olarak 0.75 bulunmuştur. Ayrıca osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin nem ve yağ içerikleri üzerine vakum ve sürenin etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Öte yandan ultrason destekli osmotik dehidrasyon uygulamalarının tümünde çözelti konsantrasyonunun nem ve yağ içeriklerini önemli oranda değiştirdiği tespit edilmiştir ( $p\leq 0.05$ ).

Çalışma sonucunda kızartma öncesinde kabak dilimlerinin ön kurutma işlemleri ile kurutulmasının insan sağlığı açısından önemli olan yağ emilim oranını sınırlandıracağı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** kızartma işlemleri, ultrason destekli osmotik dehidrasyon, mikrodalga destekli kurutma, konveksiyonel kurutma, optimizasyon, yağ absorpsiyonu, tekstür, yüzey rengi

**2015, 108 sayfa**



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **OPTIMIZATION OF FRYING PROCESS OF ZUCCHINI SLICES BY FRYING COMBINED WITH PREDEHYDRATION IN TERMS OF OIL ABSORPTION AND PRODUCT TEXTURE**

**Şehriban Gül ÖZÇELİK**

**Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erkan KARACABEY**

In our study, it was focused on the oil absorption amount of zucchini vegetable being widely consumed and primarily preferred after fried by deep-fat-frying method. Main objective is to partially decrease the moisture content of this vegetable by predrying process due to its direct relation with oil absorption and as a result to decrease the amount of oil absorbed by final fried products. Towards this aim, zucchini vegetable was fried by deep-fat-frying, following to be subjected to the convectional drying, microwave assisted drying, osmotic dehydration, vacuum assisted osmotic dehydration and ultrasound assisted osmotic dehydration. First of all, the effects of frying conditions on textural properties, moisture contents, surface color parameters and particularly on oil absorption were investigated. Additionally, deep-fat frying method combined with convectional drying and microwave assisted drying pretreatment applications was optimized by response surface methodology towards our main objective.

The most effective drying and following frying parameters towards the aim of less oil absorption and the desired quality characteristics (surface color and texture) were found as 49°C of drying temperature and 11% weight loss during drying for convectional drying and 175 °C of frying temperature and 103 seconds of frying time. For microwave assisted drying, 10% weight loss for drying and 159 °C of frying temperature and 180 seconds for frying time were found to be the optimal process conditions.

In samples subjected to the convectional drying the ratio of the desirability for desired responses like moisture %, oil %, surface color and texture exceeded 75%. It was found around 75% for samples dried by microwave assisted drying. Additionally, the effects of vacuum and time on moisture and oil content of zucchini slices predried by osmotic dehydration was found not to be significant ( $p>0.05$ ). On the other hand, concentration of osmotic solution in all application of ultrasound assisted osmotic dehydration processes was determined to significantly change the moisture and oil content ( $p\leq 0.05$ ).

At the end of the study, it was concluded that drying of zucchini slices using pre-drying processes before frying limits the amount of oil absorption which is crucial point in terms of human health.



**Keywords:** Frying process, ultrasound assisted osmotic dehydration, microwave assisted drying, convectional drying, optimization, oil absorption, texture, surface color

**2015, 108 pages**



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma için en başından beri beni yönlendiren, karşıma çıkan zorlukları aşmamda yardımının çok büyük olduğu, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen saygı değer Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Erkan KARACABEY'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince değerli bilgileriyle beni yönlendiren Prof. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER'e, Doç. Dr. Gülcan ÖZKAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Cem BALTACIOĞLU'na ayrıca tez çalışmamın istatistiksel değerlendirmesi konusunda yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Sebahattin Serhat TURGUT'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Merve Seçil TURAN ve Ümmügülsüm YILMAZ'a teşekkür ederim.

Tezimde laboratuvar çalışmalarımı finansal olarak 113R015 No'lu proje ile destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yine tez çalışmalarımda ultrason uygulamaları için gerekli ekipman alımı konusunda 4201-YL1-14 No'lu çalışma ile finansal destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP)'ne teşekkür ederim.

Ayrıca her zaman yanımda olup maddi ve manevi olarak beni destekleyen ve bana sonsuz sabır gösteren, bugünlere gelmemi sağlayan beni yetiştiren anneme ve babama sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım

Şehriban Gül ÖZÇELİK  
ISPARTA,2015

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi, kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur .....	31
Şekil 4.2.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin elastikiyet değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	33
Şekil 4.3.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kohezyon değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişim (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	34
Şekil 4.4.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin çiğnenebilirlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	36
Şekil 4.5.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kesme sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	37
Şekil 4.6.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin L* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	39
Şekil 4.7.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin a* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	41
Şekil 4.8.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin nem oranının kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	42
Şekil 4.9.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin yağ oranının kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	44
Şekil 4.10.Kabak dilimlerinin kurutma kızartma kombinasyonunda hedef değerlere ulaşma oranları ve optimum proses koşulları.....	47
Şekil 4.11.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	53
Şekil 4.12.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kohezyon değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	54
Şekil 4.13Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kesme sertliği değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	55

Şekil 4.14.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin L* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	57
Şekil 4.15.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin a* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	58
Şekil 4.16.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin b* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	59
Şekil 4.17.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin nem değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	60
Şekil 4.18.Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin yağ değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.) .....	61
Şekil 4.19.Kabak dilimlerinin mikrodalga kurutma kızartma kombinasyonunda hedef değerlere ulaşma oranları ve optimum proses koşulları .....	63
Şekil 4.20.Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre sertlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	66
Şekil 4.21.Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre elastikiyet değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	66
Şekil 4.22.Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre kohezyon değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	67
Şekil 4.23.Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre çignenebilirlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	67
Şekil 4.24.Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre kesme sertliği değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	68
Şekil 4.25.Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre sertlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	69
Şekil 4.26.Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre elastikiyet değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	69
Şekil 4.27.Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (.. *) göre kohezyon değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	70
Şekil 4.28.Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre çignenebilirlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	70
Şekil 4.29.Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (*) göre kesme sertliği değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası) .....	71
Şekil 4.30.Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen	

kabak dilimlerinin aylara (*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası).....	72
Şekil 4.31.Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası) .....	73
Şekil 4.32.Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (*) göre yağ içerikleri (KS: Kurutma sonrası) .....	74
Şekil 4.33.Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (*) göre yağ içerikleri (KS: Kurutma sonrası).....	74
Şekil 4.34.Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (*) göre renk değerleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası) .....	76
Şekil 4.35.Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası) .....	77
Şekil 4.36.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.) .....	78
Şekil 4.37.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.) .....	78
Şekil 4.38.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.) .....	78
Şekil 4.39.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.) .....	79
Şekil 4.40.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.) .....	79
Şekil 4.41.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.) .....	79
Şekil 4.42.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.).....	80
Şekil 4.43.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.).....	80
Şekil 4.44.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.).....	80
Şekil 4.45.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.).....	81
Şekil 4.46.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.).....	81
Şekil 4.47.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.).....	81
Şekil 4.48.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.) .....	82
Şekil 4.49.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.) .....	82

Şekil 4.50.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 $\mu\text{m}$ 'dir.) .....	82
Şekil 4.51.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 $\mu\text{m}$ 'dir.).....	83
Şekil 4.52.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 $\mu\text{m}$ 'dir.).....	83
Şekil 4.53.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 $\mu\text{m}$ 'dir.).....	83
Şekil 4.54.Vakum ve çözelti konsantrasyonunun sertlik değeri üzerine etkisi.....	86
Şekil 4.55.Vakum ve çözelti konsantrasyonunun renk değerleri üzerine etkisi .....	87
Şekil 4.56.Renk değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve sürenin etkisi .....	93
Şekil 4.57.%Nem değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve süre etkisi.....	94
Şekil 4.58.%Yağ değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve süre etkisi.....	95



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.Kabak dilimleri için konvensiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri.....	19
Çizelge 3.2.Konvensiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı.....	20
Çizelge 3.3.Kabak dilimleri için mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri.....	20
Çizelge 3.4.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel tasarım.....	21
Çizelge 4.1.Kontrol grubu kabak dilimlerinin kızartılmasındaki işlem kombinasyonları.....	22
Çizelge 4.2.Koda karşılık gelen uygulama koşullarında kızartılmış kabak dilimlerinin duyusal analiz sonuçları .....	24
Çizelge 4.3.En yüksek beğeni kazanmış kabak dilimlerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri .....	25
Çizelge 4.4.En yüksek beğeni kazanmış kabak dilimlerinin yüzey renk değerleri .....	25
Çizelge 4.5.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri.....	26
Çizelge 4.6.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı.....	26
Çizelge 4.7.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait tekstür analiz sonuçları .....	27
Çizelge 4.8.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait renk analiz, nem ve yağ oranları .....	28
Çizelge 4.9.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri .....	29
Çizelge 4.10.Kızartılmış ürün renk değerlerinin ve kuru madde ve yağ oranlarının proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri .....	29
Çizelge 4.11.K-21 kodlu uygulama sonucu elde edilmiş olan kabak dilimlerinin nem, yağ oranları, tekstürel özellikleri, renk değerleri .....	45
Çizelge 4.12.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri.....	48
Çizelge 4.13.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı.....	48
Çizelge 4.14.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait tekstür analiz sonuçları .....	49
Çizelge 4.15.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait renk analiz, %nem ve %yağ oranları.....	50
Çizelge 4.16.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri .....	51
Çizelge 4.17.Kızartılmış ürün renk değerlerinin, nem ve yağ oranlarının proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri.....	51
Çizelge 4.18.Osmotik dehidrasyon ön işlem uygulamaları sonucunda kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri.....	85

Çizelge 4.19.Kızartılmış ürün nem, yağ değerlerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri .....	88
Çizelge 4.20.Osmotik dehidrasyon ön işlem uygulamaları ile kontrol grubu kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri arası farklar .....	89
Çizelge 4.21.Ultrason ön işlem uygulamaları sonucunda kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri .....	91
Çizelge 4.22.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri .....	92
Çizelge 4.23.Ultrason ön işlem uygulamaları ile kontrol grubu kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, nem ve yağ içerikleri arası farklar .....	96





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AOAC Resmi Analitik Kimyagerler Birliği

dk dakika

g gram

kg kilogram

KM Kuru Madde

mg miligram

mm milimetre

µm mikrometre



# 1 GİRİŞ

Kızartma gıdaların tat ve güvenilirlik kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanan bir işlemdir (Blumenthal, 1991). Bu uygulama gıda sanayinde büyük satış kapasitesine sahiptir ve çok miktarda ürün çeşitliliği mevcuttur. Bu nedenle geçmişten günümüze her zaman gündemde olmuştur. Özellikle daldırma metoduyla kızartma (deep-fat-frying) tüm dünyada en çok kullanılan yöntemdir. Bu proseste ürünler genelde bir ısı kaynağı tarafından ısıtılan 150-190 °C'ler de sıcak yağ içerisine daldırılmakta ve tüketici talebine göre istenen renk, lezzet, doku gibi özelliklere ulaşına dek yağ içerisinde tutulmaktadır (Anonim, 2015a). Bu yöntemde ürünlere çok fazla yağ penetre olmakta ve bu olay yeni tüketici eğilimlerine göre arzu edilmemektedir (Gertz, 2000; Ouchon vd., 2003; Ouchon ve Pyle, 2004; Bingol vd., 2012). Çünkü yağ içeriği yüksek gıdaların obezite, kalp hastalığı, kanser ve diyabet gibi birçok sağlık sorunları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Bingol vd., 2012). Bu nedenle tüketiciler artık ürünlerin sadece renk, koku ve tadına bakarak değil yağ içeriğine bakarak da karar vermeye başlamıştır (Saguy ve Dana, 2003). Tüketici taleplerinin bu yönde olması sebebiyle yağ emiliminin azaltılmasına yönelik farklı kızartma prosesleri denenmeye başlanmıştır (Naz vd., 2005; Da Silva ve Moreira, 2008). Yağ emiliminin azaltılmasında uygulanan işlemlerden birisi ön kurutma işlemidir. Ön kurutma işlemi gıda teknolojisinde konveksiyonel kurutma, mikrodalga kurutma ve osmotik dehidrasyon gibi yöntemlerle yapılabilmektedir.

Kızartma proseslerinde en çok kullanılan ürünlerden biri kabaktır. Kabak, ikiçeneklilerin kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasından otsu bir bitkidir (*Cucurbita*) (Simpson, 2010). Kavun, karpuz ve hıyar da kabakgiller grubuna girmektedir. Kabakgiller dünyadaki toplam sebze üretiminin yaklaşık olarak %40'ını oluşturmaktadır. Türkiye'de ise kabakgillerin tüm sebzeler içerisindeki oranı %31 civarındadır. Bu grup içerisinde kabak üretimi ise ülkemizdeki toplam sebze üretiminin %1.3'ü dolaylarındadır ve bu orana karşılık gelen üretim miktarı 300-400 bin tondur. Bunun büyük kısmını da yazlık kabak üretiminden sağlanmaktadır. Çalışmamızda da kullandığımız tür olan sakız kabağı üretimi TÜİK verilerine göre 2014 yılında 300 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2015b; Anonim, 2015c). Kabak besin içeriği açısından oldukça zengindir. Yüz gram yazlık kabak %5-10 kuru madde, %90-95 su içerir. Bünyesinde 3.6-4.3 g karbonhidrat, 1.2 g protein, 19-25 mg

C vitamini, 320-460 IUA A vitamini, 0.05 mg thiamin, 0.09 mg riboflavin, 1.0 mg Niacin, 28 mg Ca, 30 mg P, 202 mg K, 0.5 mg Fe içerir (Peirce, 1987; Sevgican, 2003).

Kabak tüketimi birçok yarar sağlamaktadır. Kabağın 100 gramı sadece 17 kalori vermektedir ve çok düşük kalorili sebzelerin başında gelmektedir. Ayrıca diyetlerde kullanmak adına iyi bir lif kaynağıdır ve diyet lifi yağ sindirim özelliğini geliştirerek safra asidi ile iyi bir bağ kurulmasını sağlamaktadır. Böylece karaciğerin daha fazla yağ asidi üretimi engellenmiş olur ve kolesterol seviyesinin düşmesi sağlanarak yüksek kolestrolün neden olduğu kan damarı tıkanıklıkları önlenmiş olur (Anonim, 2015d).

Kabak bileşiminde bulundurduğu yüksek A vitamini ve C vitamini sayesinde ateroskleroz (damar sertleşmesi) başlangıcını engellemektedir. Ayrıca yapısındaki yüksek miktardaki lifin bir başka yararı da bağırsak hareketlerinin sağlıklı ve düzenli olmasının sağlanarak kanserojen toksinlerin kolonlara yerleşmesini de önlemeye yardımcı olmaktadır (Anonim, 2015d). Çalışmada bu bağlamda kızartılacak kabak dilimlerine mikrodalga kurutma, konveksiyonel kurutma, osmotik dehidrasyon, ultrason destekli osmotik dehidrasyon ve vakum destekli osmotik dehidrasyon işlemleri uygulanmıştır ve böylece düşük yağ içerikli kızartılmış kabak üretimi amaçlanmıştır.

Çalışmanın diğer kısmında ise kurutma işleminin getirdiği avantaj olan ürünlerin uzun süreli depolanabilme stabilitesi incelenmiştir. Seçilen kabak sebzesi mevsimsel üretimi olan bir üründür ve bu ürünün kızartma işlemi öncesi uygun özelliklerde kurutulması depolama sonrası tüketicinin beğenisine hitap eden, sağlıklı kızartma ürünlerinin eldesini olanaklı kılmıştır. Bu şekliyle de çalışma sektöre yeni bir ürün kazandırmış olacaktır. Özellikle ülkemiz açısından düşünüldüğünde kızartılmış ürünlerin günlük diyetimizde önemli yer teşkil etmesi, çalışma sonucunda ortaya konulmuş olan ürünlerin endüstriyel üretimi ve ticarileşmesi anlamında da talep doğurabilecek potansiyelde ürünler olacağını göstermektedir. Bu maksatla depolama uygun ambalaj içerisinde maksimum 6 aylık bir zaman diliminde incelenmiştir.

Özetle çalışma ile kızartma işleminin kurutma teknolojisiyle entegrasyonu sağlanmış ve sonucunda daha sağlıklı ürünler ortaya çıkarılmıştır. Diğer bir ifadeyle kurutma ve kızartma işlemlerinin optimum parametreleri belirlenerek tüketici açısından albenisi yüksek yeni ürünler ortaya koyulmuştur. Bu sayede ticarileşme potansiyeli olan endüstriyel üretime uygun kızartmalık sebze dilimleri üretilmiştir. Ayrıca kurutma ve kızartma prosesleri arasında yağ tutma kapasitesi açısından nem seviyesi ve tekstürel özellikler ile ilişkiler ortaya koyulmuştur. Bunlara ek olarak ise yakın gelecekte gıda sektöründe yer alma potansiyeline sahip mikrodalga ve ultrason teknolojilerinin kullanım alanlarından birisi daha incelenmiş, hem literatür açısından hem de sektör açısından faydalı bir bilgi ve tecrübe elde edilmiştir.



## 2 KAYNAK ÖZETLERİ

Kızartma işlemi geniş bir ürün yelpazesinde kullanılabilmesi nedeniyle yaygın bir prosestir. Dünya üzerinde yıllık 20 milyon litre kızartmalık yağ üretildiği düşünüldüğünde kızartma işleminin önemi daha iyi anlaşılakta ve dünya mutfaklarında kızartma işleminin yaygınlığı ve ne ölçüde tercih edildiği görülebilmektedir (Dana ve Saguy, 2006). Ancak son dönemde özellikle ivme kazanmış olan bilinçli toplum ve bilinçli tüketim felsefesi insanların tüketim alışkanlıklarında başta sağlık olmak üzere bazı faktörlerden dolayı seçici olmalarına ve daha bilinçli bir yaklaşım göstermelerine neden olmuştur. Tüketici bakışındaki bu değişim günlük diyetlerinin önemli bir parçasını oluşturan kızartılmış ürünlerde düşük yağ içerikli olanları tercih etmelerini sağlamaktadır. Bu hem evde tüketicilerin kendi üretimlerinde hem de endüstriyel üretimler de belirgin bir şekilde kendini göstermeye başlamıştır.

Kızartma işlemi sonucunda ürünün bünyesinde absorbe ettiği yağ miktarını ortaya koymak adına Mellema (2003) yayınlamış olduğu çalışmada derin daldırma yöntemiyle ön işlem olmaksızın gerçekleştirilen kızartma işlemi sonucunda elde edilen patates cipsinin ağırlığının 1/3'ü kadarını bünyesinde absorbe ettiği yağın oluşturduğu belirtmiştir. Bu nedenle kızartma işleminde esas mücadele kızartmış ürünlerdeki nihai yağ absorpsiyon miktarının kontrol edilerek ve düşürülerek kızartma prosesinin geliştirilmesi, sağlıklı bir boyut kazandırılmasıdır (Gertz, 2005).

Kızartma işlemi eş zamanlı ısı ve kütle transferi prosesidir (Krokida vd., 2001a). Bu işlem sırasında ısı transferi yüksek sıcaklıktaki yağdan kızartma işlemine tabi tutulan ürüne doğru gerçekleşmektedir. Eş zamanlı olarak ürün yüzeyinde bulunan serbest su hızla yağa geçmekte, yapının iç kısımlarında yer alan su ise buharlaşmakta ve yüzeyle iç kısımlar arasında buhar basınç farkı oluşturmaktadır. Bu basınç farkı buhar fazdaki suyun ürün yapısındaki boşluklardan (gözeneklerden) ve/veya işlem sırasında oluşan yapıdaki çatlaklardan dışarı doğru buhar fazında geçmesini ve çevreleyen yağın içerisine karışmasını sağlamaktadır. Eş zamanlı olarak yağ molekülleri de yüzeyden başlayarak gözeneklerden ve çatlaklardan içeri doğru geçmektedir (Dana ve Saguy, 2006). Kızartma işlemi sonrası gerçekleşen yağ absorpsiyonu ise işlem bittikten sonra özellikle yüzeyde kalan fazla yağ tabakasının yapı içerisindeki buhar fazdaki su

moleküllerinin tekrar yoğuşması ve bunun sonucunda içerideki basıncın düşmesi ile birlikte gerçekleşmektedir (Ufheil ve Escher, 1996). Su moleküllerinin, kızartma yağının içerisinden ürünün çıkarılmasıyla birlikte yoğunlaşması, işlem sırasında içeride oluşan pozitif buhar basıncının tersine bir vakum basıncı oluşturmakta, bu durum yüzeydeki yağın gözenek ve çatlaklardan ürünün içerisine doğru emilimine neden olmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi ürünün absorbe ettiği yağ miktarı kızartma öncesi nem miktarı ile ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda nem miktarında meydana gelen azalmanın yağ emiliminin azalışını olumlu etkilediği ortaya konmuştur (Lamberg vd., 1990; Moreira vd., 1999; Vitrac, 2000). Yapılan çalışmalarda nem miktarının azaltılmasında ön kurutma işlemleri kullanılmıştır. Farklı bir çalışmada patates cipsinde ön kurutma işleminin uygulanmasının nihai ürün içeriğinde yağ miktarında düşmeye neden olduğu belirtilmiştir (Gamble vd., 1987). Bir diğer çalışmada ise haşlanmış patates dilimlerinin ön kurutma işlemine tabi tutulmasının kızartma sonrası yağ içeriğinde düşüşe neden olduğu bulunmuştur (Pedreschi vd., 2005). Moyano ve Pedreschi (2006)'nin patates dilimleri üzerine (Moreira vd., 1999) yaptıkları bir çalışmada da ön kurutma yaptıkları örneklerin kızartma işlemi sonucunda yağ absorpsiyon miktarlarının ön kurutmasız örneklerden daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise materyal olarak patates cipsi kullanılmış ve ön kurutma işlemi mikrodalga ile vakum altında yapılmıştır (Song vd., 2007). Çalışma sonuçları da kızartma işlemi sonucunda yağ absorpsiyonunda azalma olduğunu göstermiştir. Ön kurutmanın yağ absorpsiyonunu azaltma etkisi iki şekilde olmaktadır. Birincisi nem seviyesindeki azalma kızartma işlem süresini de azaltmakta, buna bağlı olarak yağ geçiş süresi de kısalmaktadır (Keller, 1988). İkinci etki yolu ise kurutma işlemi ile yağ absorpsiyonunun gerçekleştiği açık gözenek miktarının büzüşme nedeniyle azalmasıdır (Krokida vd., 2001b). Azalan açık gözenek oranı yağın absorpsiyonunu da düşürmektedir (Van Loon vd., 2007).

Kurutma işleminin yağ absorpsiyonu üzerine etkisi sadece nem miktarının kontrol edilmesiyle sınırlı değildir. Kurutma işlemi aynı zamanda materyal bünyesinde yapısal değişikliklere de neden olmaktadır. Kurutma işleminin bu etkisi azalan nem miktarının yanı sıra küçülen yüzey alanı, yapısal değişiklikler (büzüşme ve kabuk oluşumu) ve yüzeyin düzleşmesi ve gözeneklerin kapanmasına da bağlanmıştır (Rubnov ve Saguy, 1997; Bouchon vd., 2001; Krokida vd., 2001b; Debnath vd., 2003). Literatür çalışmaları da göstermiştir ki farklı yöntemler kullanılarak ürün bünyesindeki nem

miktarının ön işlemlerle azaltılmasıyla birlikte kızartma işleminde nihai ürünün yağ absorpsiyonu ve kalite kriterleri etkilenmektedir. Ön kurutma işlemi olarak farklı kurutma metotları kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntemlerin başında konveksiyonel kurutma fırınlarında dehidrasyon işlemi gelmektedir. Ancak yeni teknolojik gelişmeler ışığında farklı yöntemlerde bu kapsamda incelenmektedir. Bu uygulamalardan birisi de osmotik dehidrasyondur. Osmotik dehidrasyon bitki dokusunun hipertonik çözeltiye daldırılarak dokudan belli miktar suyu almak için kullanılan bir işlemdir (Torreggiani, 1993). Bu nedenle bir kurutma işlemi olarak kabul edilmektedir. Osmotik dehidrasyonda suyun gıda dokusundan çözeltiye doğru difüzyonunu sağlayan itici kuvvet hipertonik çözeltinin yüksek basıncıdır. Su difüzyonuna ters yönde osmotik çözeltiden dokuya doğru çözünen madde difüzyonu su difüzyonuyla birlikte gerçekleşmektedir. Çünkü osmotik geçişten sorumlu hücre zarı tam olarak seçici geçirgen bir zar değildir ve gıda hücresinde mevcut olan maddeler (organik asit, indirgen seker, mineral, tat ve pigment bileşikleri) de osmotik çözeltiye geçmektedir. Bu da ürünün organoleptik ve besinsel karakterini etkilemektedir. Osmotik dehidrasyon boyunca birbirine ters yönde üç çeşit kütle geçişi gerçekleşir bunlar; üründen çözeltiye su akışı, çözeltiden ürüne osmotik katı geçişi, üründen çözeltiye madde (organik asit, vitamin) geçiştir. Gıda hücresinden çözeltiye madde geçişi besinsel ve duyuşal özellikleri açısından önemli olmakla birlikte ihmal edilebilecek düzeyde düşüktür (Dixon ve Jen, 1977; Lerici vd., 1985; Giangiacomo vd., 1987; Heng vd., 1990; Raoult-Wack, 1994; Mizrahi vd., 2001). Osmotik kurutma işlemi yalnız başına uygulandığında kütle transfer hızı genellikle düşüktür. Bu nedenle kütle transfer hızını arttırmak için vakum, mikrodalga, ultrason, merkezkaç kuvveti uygulaması gibi işlemlerle birlikte uygulanabilmektedir (Rastogi vd., 2002; Corzo vd., 2007). Ultrason destekli osmotik kurutma teknolojisinin düşük çözelti sıcaklıklarında çalışmaya olanak sağlarken yüksek su kaybı ve katı kazanımı sağladığı çalışmalar sonucu kanıtlanmıştır (Fernandes vd., 2008; Garcia-Noguera vd., 2010). Ayrıca vakum altındaki osmotik dehidrasyonda kütle transferi atmosferik ortama göre daha hızlı olmaktadır. Bunun gerekçesi ise vakum etkisi ile gözeneklerdeki havanın dışarıya çıkarak yerini osmotik çözeltiye bırakmasıdır (Hawkes ve Flink, 1978). Shi ve Maupoey (1994) çalışmalarında vakum altında gerçekleşen su kaybının atmosferik koşullara göre arttığını, kuru madde kazanımının ise önemli düzeyde etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Literatürde kızartma işleminde yağ absorpsiyonuna yönelik osmotik dehidrasyon uygulamasının etkilerinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Krokida, Oreopoulou vd. (2001c) parmak patates dilimlerinin farklı çözeltilerde bırakılmasıyla son üründe yağ absorpsiyonunun değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada %40'lık şeker çözeltisinin yağ emiliminde %60'lık azalma sağlandığı, çözelti olarak %20 tuz (NaCl) veya %20'lik maltodekstrin kullanıldığı durumlarda ise yağ emilimindeki azalmanın sırasıyla %35 ve %15 seviyesinde kaldığı belirtilmiştir. Ikoko ve Kuri (2007) muz örneklerine %20'lik konsantrasyonlarda tuz, şeker ve tuz-şeker çözeltilerinde osmotik dehidrasyon uygulamış ve sonrasında kızartma yapmıştır. Bu örneklerin son yağ içerikleri ön işlem uygulamadan kızartılan örnekler ile kıyaslanmıştır. Sonuçta her üç konsantrasyon ile ön işlem uygulanmış örneklerin yağ içerikleri kontrol grubu örneklerinin yağ içeriklerinden az olduğu görülmüştür. Moreno ve Bouchon (2008) patates dilimlerine kızartma işlemi öncesi 45°C'de %40'lık sukroz çözeltisi ve %25'lik NaCl çözeltileri ile osmotik dehidrasyon işlemi uygulamıştır. Uygulama sonrası örnekler kızartma işlemi uygulanmış ve kontrol grubu örnekleri ile son yağ miktarları kıyaslanmıştır. Bu örnekler, kontrol grubu örnekleri (osmotik dehidrasyon uygulanmadan kızartılan örnekler) ile kıyaslandığında her iki işlem uygulanmış örneklerin yağ miktarı kontrol grubu örneklerin yağ miktarlarından az olduğu görülmüştür. Karizaki vd. (2013) ön işlem olarak patates dilimlerine ultrason destekli osmotik dehidrasyon işlemi uygulamış ve sonrasında kızartma işlemine tabi tutmuştur. Kızartma öncesi ön işlem uygulanmış örnekler ile kontrol grubu (ultrason destekli osmotik dehidrasyon uygulanmayan örnekler) örneklerinin yağ emilim oranları kıyaslanmıştır. Sonuçta ön işlem uygulanan örneklerin yağ miktarı kontrol grubu örneklerinin yağ miktarından %12.5 daha az olduğu tespit edilmiştir.

Yağ emiliminin diğer bir önemli aşaması ise soğuma evresidir. Bu aşamadaki yağ emilimine yönelik ilk çalışma patates dilimleri üzerinde Ufheil ve Escher (1996) tarafından gerçekleştirilmiş ve sonucunda esas yağ absorpsiyon aşaması olarak soğuma evresi rapor edilmiştir. Bu bağlamda bakıldığında da kızartma sonrası patentli uygulamalar içerisinde yine kurutma teknolojisi yer almaktadır. Buna örnek olarak hava ile kurutma (Lee vd., 1988) ve kızgın buharla kurutma (Chujin vd., 2001) verilebilir. Bu çalışmalar da göz önüne alındığında kızartma işlemi öncesinde ve/veya sonrasında en önemli uygulama nem miktarı üzerine direkt etkisi nedeniyle kurutma



teknolojisi olacaktır. Ancak bu noktada belirtilmelidir ki nihai ürünlerdeki yağ absorpsiyon miktarının açıklanmasında sadece nem miktarıyla arasındaki ilişkiye dayandırmak yanlış olacaktır. Kızartma işlemi, üzerinde etkili bir çok değişkenin de kontrolü altındadır ve bu yönde literatür çalışmaları mevcuttur. Özellikle kızartma uygulanan çips ve kızarmış parmak patates gibi ürünlerde buna yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda kızartma yağı sıcaklığı, işlem süresi, kızartılan ürünün şekli ve boyutlarının nihai ürünün yağ içeriği üzerine etkili oldukları belirlenmiştir. Pinthus vd. (1995) gerçekleştirdikleri bir çalışmada yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kızartma işlemi sırasındaki kabuk oluşumunun yağın yapı içerisine geçmesine karşı fiziksel bir bariyer görevi gördüğünü belirtmişlerdir. Bu çalışmaya benzer bir sonuç olarak Pedreschi ve Moyano (2005) patates çipslerinin kızartılmasında yüksek sıcaklıkta elde edilen ürünlerin düşük sıcaklıkta üretilenlere göre daha düşük yağ içeriğine sahip olduklarını belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada nem içeriği 1 g su/g KM olan patatesin kızartılması sırasında bünyesinde tutulan yağ miktarının yağ sıcaklığının 180°C'den 120°C'ye indirilmesiyle %32 civarında arttığı belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada ön işlem uygulanarak nem seviyesi 0.5 g su/g KM seviyesine indirilmiş dilimlerin kızartılması sırasında sıcaklık değişiminin nihai ürünün yağ miktarında önemli bir değişikliğe neden olmadığı rapor edilmiştir (Moyano ve Pedreschi, 2006).

Kızartma sıcaklığının yanı sıra işlem süresi de önemli bir değişkendir. Kızartma süresinin artması daha fazla suyun yapı içerisinden uzaklaşmasına ve daha fazla yağın içeri geçmesine neden olmaktadır. Fakat bu noktada diğer parametrelerde göz önünde bulundurulmalıdır. Kızartma öncesi işlemler, kızartma sıcaklığı gibi değişkenler kızartma süresi ve yağ absorpsiyonu arasındaki ilişkiyi direkt etkilemektedir.

Literatür çalışmalarında öne çıkan önemli bir başlık da optimizasyondur. Özellikle yapılan araştırmaların endüstriyel uygulamalarına yönelik çalışmalarda ki en önemli basamaklardan birisidir. Optimizasyonla parametrelerden yola çıkılarak, konu kapsamındaki hedeflere ulaşılmasını sağlayacak modeller üretilmektedir. Bu sayede hem değişkenlerin belirlenmesiyle elde edilebilecek sonuçlar hakkında tahminler, hesaplamalar yapılabilmekte, hem de bağımsız değişkenlerin sonuçlar üzerindeki etkileri ve/veya birbirleriyle etkileşimlerinin sonuçlarda neden oldukları değişimler incelenebilmektedir. Anlaşılacağı üzere literatür çalışmalarında optimizasyon önemli

bir araç olarak kullanılmaktadır. Buradan yola çıkarak kızartma işleminde ve/veya ön işlemlerindeki değişkenlerin optimizasyonu da önem kazanmıştır. Literatürde bu yönde çalışmalar az olmakla birlikte mevcuttur. Sobukola vd. (2008) yaptıkları çalışmada tatlı patates dilimlerinin kızartılması işleminin optimizasyonunu araştırmışlardır. Bağımsız değişkenler olarak kızartma sıcaklığı, süre ve başlangıç nemi seçilmiş, nihai ürünün nem miktarı, yağ miktarı ve renk değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bağımsız değişkenlerin hepsinin nihai ürünlerdeki sonuçlar üzerine istatistiksel olarak etkili olduğu bulunmuştur. Bu değerler açısından optimum koşulları veren modeller yayımlanmıştır. Grubun bir diğer optimizasyon çalışmasında ise tatlı patatesin kızartma öncesi sıcak hava akımı ile kurutulması incelenmiştir. Bu çalışmada kızartma zamanı yanı sıra kurutma parametreleri olan sıcaklık ve sürenin nem ve yağ absorpsiyonu üzerine etkileri araştırılmış, iki prosesin değişkenlerinin etkisini gösteren modeller raporlanmıştır (Sobukola vd., 2010). Mikrodalga teknolojisinin vakum altında kurutma aşamasında kullanıldığı ve kızartma işleminin vakum altında yapıldığı bir çalışma da ise patates cipsinin kurutulma süresi, kızartma sıcaklık ve süresi incelenmiş, kızarmış cipslerin nem ve yağ miktarlarının bu parametrelerle değişimleri belirlenmiştir. Kurutma süresindeki artışın nem ve yağ miktarını azalttığı, kızartma işleminde sıcaklık ve sürenin uzamasının nem miktarını azaltırken, yağ miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Song vd., 2007). Patates cipsi ile ilgili bir diğer çalışmada ise kızartma sıcaklığının yanı sıra kullanılan yağın çeşidi de araştırılmıştır. Kızartma sıcaklığının yanı sıra yağ kaynağının da ürün tekstürü ve yağ miktarı üzerine etkili olduğu bulunmuştur (Kita vd., 2007).

Ön işlemlerin kızartma sırasındaki yağ absorpsiyon miktarı üzerine etkisinin yanı sıra tekstürel değişikliklere de neden olduğu ve bunun nihai ürünün kalitesi üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Bununla ilgili bir çalışmada ön işlem olarak haşlama, dondurma, kurutma ve osmotik dehidrasyon uygulamalarının kontrol grubuna göre nihai üründe neden olduğu tekstürel farklılıklar araştırılmış, gözenekli yapı üzerinde bu işlemlerin etkili olduğu ve kızartma sonucunda elde edilen tatlı patates dilimlerinin tekstürel özelliklerin de gelişme kaydedildiği belirtilmiştir (Taiwo ve Baik, 2007). Krokida vd. (2001c) şerit halindeki patates dilimleriyle yaptıkları bir çalışmada ön kurutma işleminin kızartılmış ürünün tekstürü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar patates dilimlerinin çıtırılığı ile kurutma işlemi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ön kurutma ile kızartılmış patates dilimlerinin çıtırılığı artmıştır.

Ön kurutma işlemlerinin yağ emiliminin azaltılmasında etkili olduğu görülmektedir ve bu bağlamda bu çalışmada;

- Kabak dilimlerinin kızartma sonrası yağ absorpsiyon miktarının düşürülmesi böylece düşük kalorili ve insan sağlığına yararlı ürün geliştirilmesi,
- Kabak dilimlerinde kızartma işleminde yağ emiliminin azaltılmasına yönelik ön işlem olarak konvensiyonel ve mikrodalga destekli kurutma yöntemlerinin etkilerinin incelenmesi ve ürün kalite kriterleri üzerine etkilerinin ortaya konması,
- Kabak dilimlerinde ön işlem olarak ultrason destekli osmotik dehidrasyon ve osmotik dehidrasyon uygulanarak kurutma sağlanması ve kızartma prosesinde yağ emiliminin azaltılması
- Mikrodalga ve konveksiyonel ön kurutma uygulanmış örneklerin kızartma işlemi ile kombine şekilde optimizasyonunun yapılması,
- İlgili ön işlemler sonrası yarı kurutulmuş kabak dilimlerinin kızartma işlemi ne kadar ki depolama süresinin ve bu süreçte meydana gelen kalite kriterlerinde değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 3 MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan kabağın çeşidi belirlenirken kıvartmalık olanlar tercih edilmiştir. Yazlık kabaklar içerisinde yer alan ve ülkemizde de yaygın üretimi ve tüketimi yapılan sakız kabağı (*Cucurbita pepo L. cv. Sakız*) seçilmiştir. Tüm çalışmaların tek seferde yapılması mümkün olmadığından aynı üreticiden aynı çeşit kabaklar aynı üretim alanından dönem dönem alınmıştır. Temin edilen kabaklar Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına getirilmiştir.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Kurutma yöntemi

Laboratuara getirilen kabaklar öncelikle yıkama ve ayıklama işlemine tabi tutulmuştur. Optimizasyon denemelerinde kullanılacak olan dilim kalınlığı kontrol gruplarında gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilecek ürünlerde duyuusal testlerdeki beğeni durumuna göre belirlenmiştir. Çünkü farklı dilim kalınlıkları optimizasyon işlemi sırasında diğer parametrelerin değişimine bağlı olarak benzer sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda tercih yapabilmek ancak tüketilebilirlik açısından en çok beğenilen dilim kalınlığının belirlenmesiyle mümkün olmaktadır. Dilim kalınlığının belirlenmesinden sonra tüm optimizasyon denemelerinde bu değer ile çalışılmıştır. Dilimlenmiş ürünler (Arisco, HBS-200, TÜRKİYE) haşlama işlemine tabi tutularak yapıda meydana gelen enzim kaynaklı bozulma reaksiyonları engellenmiştir. Haşlama işlemi 85°C'deki su içerisinde 1.5 dakika süre ile yapılmıştır. Sebzelerde enzim inaktivasyonu amaçlı haşlama işlemlerinde %100'lük bir inaktivasyon işleminin ürünün tekstürel özellikleri üzerine olumsuz etkileri bulunması nedeniyle tercih edilmemektedir. Literatürde de kabak örneklerine yönelik enzim inaktivasyonu amaçlı haşlama işlemlerinde 70-90°C sıcaklık aralıklarında 1-3 dakikalık işlemler uygulanmıştır (Morales-Blancas vd., 2002; Soysal ve Söylemez, 2005; Neves vd., 2012). Sonuçta uygulama süresine ve sıcaklığına bağlı olarak %80'lere ulaşan bir inaktivasyon elde edilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek olan haşlama

işlemini takiben kurutma işlemi uygulanacağından haşlama işlemi sonucu %80 seviyesinde inaktivasyon yeterli olacaktır. Çünkü devamındaki kurutma işlemlerinde de enzim inaktivasyonu devam etmekte ve başta mikrodalga olmak üzere hemen hemen aktivite sona ermektedir (Soysal ve Söylemez, 2005). Haşlama işlemi sonucunda kalan enzim aktivitesi belirlenmiştir. Haşlanmış kabak dilimleri yüzey suyunun süzülmesinin ardından beş farklı kurutma yöntemine göre kuruma işlemine bırakılmıştır.

### **3.2.1.1 Konveksiyonel kurutma yöntemi**

Bu yöntemde sıcaklık değeri kontrol edilebilen ve kendi içerisinde hava sirkülasyonunu ve tahliyesini mümkün kılan havalandırma sistemi bulunan tepsili kabin tipi kurutma fırını (Mikrotest, MSD2.50.D, TÜRKİYE) kullanılmıştır. Hava akış hızı sistem içerisinde sabittir. Hava akış hızının fırın içerisindeki ortalama değeri kabin içinde 10 farklı noktada gerçekleştirilen ölçümlerin ortalaması şeklinde belirlenmiştir. Ortalama hava akış hızı 0.83 m/s olarak ölçülmüştür. Dilimlenmiş kabaklar tek sıra halinde tepsilere dizilmiştir. Uygulamalarda kullanılan örnek miktarları kapasiteye uygun olarak belirlenmiş ve uygulamalar arasında sabit tutulmuştur. Kurutma tepsileri delikli ve hava sirkülasyonuna olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Sistem içerisinde kendi hava sirkülasyon sistemi olmasına rağmen homojen bir işlem olması için her 15 dakikada bir tepsilerin yeri değiştirilmiştir.

### **3.2.1.2 Mikrodalga kurutma yöntemi**

Mikrodalga sistemi olarak ev tipi ticari fırınlar yerine ortam sıcaklığını ayarlayabilen mikrodalga sistemi (Milestone, Dry DIST, TÜRKİYE) kullanılmıştır. Bu sistemde önceden belirlenmiş olan dilim kalınlıklarında hazırlanmış örnekler kurutma tablasına yerleştirildikten sonra mikrodalga sistemi çalıştırılmıştır. Mikrodalga uygulamalarında örnek birim ağırlığı başına uygulanan güç önemli olduğu için tüm denemelerde örnek dilim kalınlıkları homojen ve uygulamalar arası sabit olacak şekilde, kullanılan materyallerden ekipman içerisinde yer alan tablanın yüzeyini kaplayacak miktarda konulmuştur. Bu miktar uygulamaların tümünde sabit tutulmuştur. Mikrodalga sisteminde ortam sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmıştır. Bu sistemde sıcaklığın düşürülmesiyle özellikle tüketici açısından önemli bir kalite parametresi olan rengin

en etkin şekilde korunması ve yüksek sıcaklıklardan kaçınılmasıyla büzüşme ve kabuk oluşumunun en aza indirgenmesi sağlanmış olacaktır. Kurutma işleminde değişken olarak mikrodalga sisteminde örneklerin yaş ağırlıkları üzerinden yüzde olarak kaybettikleri nem miktarları kullanılmıştır. Arzu edilen miktarda kurutulan örnekler optimizasyon şartları sağlanarak kızartma işlemine tabi tutulmuştur.

### **3.2.1.3 Osmotik dehidrasyon yöntemi**

Bu yöntemde ön çalışmalarla kalınlığı belirlenmiş olan kabak dilimleri sabit sıcaklığa (40 °C) ayarlanmış su banyosunda (J.P SELECTA S.A, Precisdig 6001238, İSPANYA) beher içerisinde farklı konsantrasyonlarda (%10 ve %15) NaCl çözeltilerinde (1:4 (kg örnek/L çözelti) oranında) 80 dk boyunca tutulmuştur. Bu süre sonunda örnekler daha önce yapılan duyusal testler sonucunda en yüksek beğeniyi almış olan kızartılmış kabak dilimlerine uygulanan kızartma süre ve sıcaklığında kızartma işlemi uygulanmıştır.

### **3.2.1.4 Ultrason destekli osmotik dehidrasyon yöntemi**

Bu yöntemde sabit sıcaklığa (40 °C) ayarlanmış su banyosunda, beher içerisinde farklı konsantrasyonlarda (%5, 10, 15) bulunan NaCl çözeltilerinde belirli dilim kalınlığında (ödenemelerle belirlenmiş olan) örnekler (1:4 (örnek-kg/çözelti-l) oranında) osmotik dehidrasyona tabi tutulmuştur. Örnek çözelti içerisinde farklı sürelerde (10 veya 20 dk) tutulmuş ve bu işlem esnasında örnek ultrasonik prob (Ultrasonic-Homogeneizer, CY-500, İSPANYA) ile sabit güçte (%50) ultrasonik dalgalara maruz bırakılmıştır. Kontrol grubu olarak NaCl çözeltisi yerine saf su tercih edilmiştir. Kontrol grubu işlem süreleri 10 dk ve 20 dk olarak seçilip yine aynı şekilde örnekler bu işlem süreleri boyunca aynı güç seviyesinde ultrasonik prob ile ultrasonik dalgalar verilmiştir. İşlem süresi sonunda örnekler daha önce yapılan duyusal testler sonucunda en yüksek beğeniyi almış olan kızartılmış kabak dilimlerine uygulanan kızartma süre ve sıcaklığında kızartma işlemi uygulanmıştır.

### 3.2.1.5 Vakum destekli osmotik dehidrasyon yöntemi

Bu yöntemde çalışmalarla kalınlığı belirlenmiş olan kabak dilimleri sabit sıcaklıkta (40 °C) belirli konsantrasyonlarda (%10 ve %15) NaCl çözeltilerinde (1:4 (kg örnek/L çözeltili) oranında) 10dk boyunca 80kPa vakum (ROCKER, Rocker 300, ÇİN) uygulanmıştır. Aynı çözeltili içerisinde daha sonra 70dk atmosferik basınç altında tutulup daha önce yapılan duyusal testler sonucunda en yüksek beğeniyi almış olan kızartılmış kabak dilimlerine uygulanan kızartma süre ve sıcaklığında kızartma işlemi uygulanmıştır.

### 3.2.2 Kızartma yöntemi

Kızartma yöntemi olarak derin daldırma kızartma işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla sıcaklık ayarı yapılabilen termostatlı fritöz (REMTA, R-91, TÜRKİYE) kullanılmıştır. Ürünlerin kızartılması işleminde ayçiçeği yağı (ONA, TÜRKİYE) kullanılmıştır. Her partinin kızartma işlemi bittiğinde yağ yenilenmiştir. Kızartma işlemi deneysel olarak etkileri gözlenmesi için 120 °C ile endüstriyel kızartma sıcaklıklarına denk olacak şekilde 200 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir (100:3 (g örnek/L yağ)). Belirlenen sıcaklık aralığı literatür çalışmalarıyla uyumludur.

Çalışma kapsamında optimize edilmesi amaçlanmış olan konveksiyonel ve mikrodalga ön kurutma işlemiyle entegre kızartma işlemleri için hedeflenen tüketici beğenisi kazanmış kızartılmış ürün özellikleri (tekstürel özellikler, duyusal özellikler ve renk değerleri) kontrol gruplarıyla yapılacak olan derin daldırma kızartma yöntemiyle belirlenmiştir. Burada kabak dilimleri 2 mm, 3 mm ve 4 mm kalınlıkta hazırlanmıştır. Kızartma öncesi yukarıda değinildiği gibi haşlama işlemi uygulanmıştır. Literatürde kızartma işlemine yönelik çalışmalarda farklı ürünlerde genel kızartma sıcaklığı 150 °C-190 °C arasında değişmektedir (Moyano ve Pedreschi, 2006; Soorgi, Mohebbi vd., 2012). Literatürle uyumlu olacak şekilde her dilim kalınlığı 160 °C ve 180 °C'lerde ayrı ayrı kızartılmıştır. Moyano ve Pedreschi (2006) patates dilimlerinin kızartılmasına yönelik bir çalışmada kızartma süresine yönelik olarak nem seviyesini yaş ağırlık üzerinden %2'nin altına düşürecek şekilde belirlemişlerdir. Çalışmalarında sıcaklığa bağlı olarak 120 °C ile 180 °C aralığındaki kızartma işlemleri ortalama 2-10 dakika arasında değişmiştir. Ön işlem olarak haşlama sonrası kurutma yaptıkları patates

dilimlerinde kızartma işlemi 3 dakikada 150 °C'de tamamlanmıştır. Diğer bir çalışmada Moreno ve Bouchon (2008) yine patates kızartması ile çalışmışlar ve 170°C'de kızartma süreleri olarak 1, 2, 3, 4, 5 dakikaları denemişlerdir. Bu literatür çalışmalarına göre çalışmada deneme gruplarında da kızartma süreleri olarak 1, 2, 3, 5, ve 8 dakikalar denenmiştir. Geniş bir aralıkta süre denemelerinin nedeni, çalışma konusu sebze olan kabağın literatürde genelde çalışılmış olan patates temelli ürünlere göre farklı yapısal özelliklerde olmalarıdır.

### 3.2.3 Depolama

Depolama işlemi konveksiyonel kurutma ve mikrodalga kurutma uygulanmış örneklerle uygulanmıştır. Depolama için her iki kurutma yönteminde tespit edilen optimize edilmiş parametreler kullanılmıştır. Haşlanmış kabak dilimlerinin optimizasyon çalışmalarında belirlenmiş olan kurutma parametrelerine göre kurutulmuş, ancak kızartma işlemi uygulanmadan depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ürünler vakum paketlemeye uygun gaz ve nem geçirgenliği düşük çoklu katmanlı poliamid/polietilen ambalaj içerisinde vakum altında paketlenmiş, oda sıcaklığında dolaplarda ve buzdolabında depolanmıştır. Depolama süresi olarak 6 aylık bir periyot hedeflenmiştir. Ancak oda şartlarında ve buzdolabında bu şekilde depolamaya alınmış kabak ambalajlarında kısa bir sürede gaz üretimi gözlenmiş, vakumlu ambalajlarda bombaj olmuştur. Bu nedenle çalışmanın depolama kısmına haşlanmış ürünlerin devamında kurutma öncesi kükürtlü çözelti içerisinde bekletme aşaması eklenmiştir. Kükürt çözeltisi %0.2'lik hazırlanmış ve 15 dakika bu çözelti içerisinde bekletilmiştir. Devamında kurutma işlemi uygulanmış ve buzdolabında depolanmıştır. Ambalajlanmış ürünlerden her ay için bir ambalaj rast gele açılarak, örnekler kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Kızartılmış üründe renk tayini, nem tayini ve tekstür analizleri yapılmıştır. Bu sayede ürünlerin depolama boyunca kızartma işlemine uygunlukları test edilmiştir. Diğer bir ifade ile depolamaya tabi tutulan dilimlenmiş haşlanmış, kükürt çözeltisinde bekletilmiş ve iki farklı ön kurutma yönteminden birisiyle kurutulmuş örnekler için raf ömürleri belirlenmiştir.



### **3.2.4 Analizler**

#### **3.2.4.1 Nem tayini**

Nem tayini için standart gravimetrik yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla örnekler hassas terazi ile 1/1000 g hassasiyette tartılarak, önceden nemi alınmış ve tartılmış olan kurutma kaplarına konulmuştur. Kaplar kurutma fırınına konularak, sabit sıcaklığa gelene kadar kurutulmuştur. Örneklerin nem miktarları kuru madde üzerinden verilmiştir (AOAC, 1995). Analiz üç tekerrür olarak yapılmıştır.

#### **3.2.4.2 Yağ tayini**

Yağ tayini için Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi Soxhlet cihazında 6 saat n-hekzan ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler ekstraksiyon öncesi kurutulmuştur (James, 1995). Ekstraksiyon için örneklerden 5 g tartılmıştır. Ekstraksiyon işlemi sonunda örnek içerisindeki hekzanın uçurulması ve bu sırada nem kapmasının engellenmesi için 60 °C'de etüvde bir gece saklanmıştır. Ön kurutma sonrası ekstraksiyon öncesi örnek ağırlığı ile ekstraksiyon sonrası solventin uçurulmasını takiben belirlenen örnek ağırlığı arası fark ürünün bünyesinde tuttuğu yağ miktarını vermektedir. Sonuçlar kurumadde cinsinden verilmiştir. Analiz üç tekerrür olarak yapılmıştır.

#### **3.2.4.3 Renk ölçümü**

Örneklerin renk ölçümleri Minolta Renk Ölçer (CR-10, Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümleri CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) renk sistemi ile ifade edilmiştir (Robertson, 1977). Renk ölçümü oda şartlarında beş tekerrür ve her örnek için üç bölgede yapılmış ve bu değerlerin ortalaması o örneğin rengini ifade eder.

#### **3.2.4.4 Tekstür analizi**

Tekstür analizi kızartılmış ürünlerde işlem sonrası 15 dakikalık soğumanın ardından Tekstür Analizör (Stable Micro Systems, TA-XT2i, AVUSTURYA) ile yapılmıştır (Bourne, 1978). Tekstür profil analizi (TPA) için PS/30 ve kesme sertliği analizi için de LKB prob kullanılmıştır. TPA'da prob hızı 1.0 mm/s ve kuvvet uygulama oranı dilim kalınlığının %50'sine denk gelecek şekilde uygulanmıştır. Kesme sertliği testinde de yine prob hızı 1.0 mm/s ve kesme derinliği de dilim kalınlığının %75'ine denk gelecek şekilde uygulanmıştır. Deneme başına beş tekerrür ölçüm yapılarak sonuçların ortalaması hesaplanmıştır.

#### **3.2.4.5 Duyusal analiz**

Örneklerin duysal analizleri yarı-eğitilmiş 9 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir (Resurreccion, 2007; Demirkesen vd., 2010). 20-50 yaş grubundan seçilmiştir. Burada ifade edilen yarı-eğitilmiş panelistten kasıt analiz öncesi panele katılacakların değerlendirmede kullanacakları ve beğenilerini ölçülendiren skala ve sorularda geçen terimler hakkında eğitilmeleridir. Tanımlama testlerinde olduğu gibi referanslar, kalibrasyon gibi uygulamalar yer almamaktadır. Tüketici beğenisini ifade edecek şekilde skala hazırlanmıştır. Örnekler 9-nokta hazzal skala (9-point hedonic scale, aşırı beğenmedim:1, aşırı beğendim: 9) göre kabul edilebilirlik testine tabi olmuştur. 9-nokta hazzal skala (9-point hedonic scale) yöntemi diğer tüm yöntemler içerisinde ürün kabul edilebilirliği ve görünüşünü değerlendirmesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Jones vd. (1955) ve Peryam ve Pilgrim (1957) tarafından geliştirilen bu yöntem tercih edilmiştir. Panelistlerden örnekleri görünüş için pürüzlülük, renk, yanmış noktalar açısından, tekstür için sertlik, çıtırlık, kırılabilirlik ve gevreklik açısından, flavor için acılık, yağlılık ve tatlılık açısından, çiğnenebilirlik için nemlilik (panelistin tadım sırasında algıladığı durum), pürüzlülük miktarı, gevrekliğin devamı açısından kabuledilebilirlik noktasında değerlendirmeleri istenmiştir.

Analizler floresan ışık altında kontrollü oda sıcaklığında ayrı masalarda gerçekleştirilmiştir. Tüm panelistlere su ve kraker verilmiştir.

### 3.2.4.6 SEM analizi

Taze örneklerde, haşlama sonrası, kurutma sonrası, kızartma sonrası ve haşlama işlemi sonrası beğenilen uygulamanın kızartma koşulları ile kızartılmış örneklerde yüzey görüntüleme yapılmış, uygulanan işlemlerin mikroskobik boyutta neden olduğu yapısal değişimler ortaya konmuştur. Bu amaçla örnekler görüntüleme öncesi vakum altında dondurarak kurutulmuştur. Örnek boyutları 10 mm x 10 mm olacak şekilde kesilmiştir. Bu görüntüleme işlemleri hizmet alımı şeklinde Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesinde KOSGEB-SDU içerisinde yer alan Prof. Dr. Lütfi ÖKSÜZ danışmanlığındaki SEM (Vega, 7718, İNGİLTERE) laboratuvarında yaptırılmıştır (Hitachi, 1995).

### 3.2.4.7 Enzim testi

Haşlama işlemi sonucunda kabak dilimlerinde haşlama işlemi (85 °C sıcaklıkta 1.5 dakika) ile gerçekleştirilen enzim inaktivasyonu, diğer bir ifade ile kalan enzim aktivitesi enzim testiyle belirlenmiştir. Peroksidaz (POD) aktivitesi haşlama işleminde ısıya en dayanıklı enzim olması nedeniyle indeks olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle örneklerimizde haşlama işleminin sonunda POD aktivitesi belirlenmiştir (Soysal ve Söylemez, 2005). Enzim aktivitesinin belirlenmesi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama enzim preparatının örnek ekstraksiyonu ile hazırlanmasıdır. Devamında ekstrakt içerisindeki POD aktivitesi ölçülerek % inaktivasyon belirlenmesidir.

Enzim ekstraksiyonu Morales-Blancas vd. (2002) tarafından tanımlandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Özetle miktarı belli örnekler tampon potasyum fosfat (pH: 6.5 ve 4 °C'de) çözeltisi ile 20:100 (kütle/hacim) oranında karıştırılmış, UltraTorax homojenizatör ile 3 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş örnekler 4000 g'de 4 °C'de 30 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Süpernatant filtre kağıdından süzölmüş ve enzim aktivitesi belirlenene kadar -20 °C'de saklanmıştır. Peroksit aktivitesi ölçümü şu şekilde yapılmıştır: 0.10 mL enzim ekstraktı ile 3.48 mL günlük hazırlanan substrat çözeltisi karıştırılmıştır. Substrat çözeltisi 99.8 mL 0.1 M potasyum fosfat (pH:6.5), 0.1 mL %99.5 lik guaiacol ve 0.1 mL %30'luk hidrojenperoksitten (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) oluşmaktadır. Spektrofotometrede 10mm ışık yollu kuvarz kuvvet içerisinde enzim/substrat çözeltisi karışımının 470 nm dalga boyunda

15 s aralıklarla absorbands artışı belirlenmiştir. Absorbans vs süre grafiğinin ilk kısmındaki linear periyottan reaksiyon sabiti belirlenmiştir. Absorbans artış hızı, (Morales-Blancas vd., 2002) tarafından tetraguaiacol için belirtilmiş olan molar extinction sabiti dikkate alınarak substrat çevirim hızına dönüştürülmüştür.

### 3.2.4.8 İstatistik analizler

Optimizasyon işlemi için Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology) kullanılmıştır. Kurutma sistemleriyle entegre kızartma sistemi için konveksiyonel kurutmada sıcaklık, ağırlık kaybı, kızartma işleminde ise yağ sıcaklığı ve süre optimize edilmiştir. Deneysel tasarım için Merkez Kompozit Dizayn (Central Composite Design) kullanılmıştır. Merkez noktada 4 tekerrür yapılmıştır. Çalışmanın bu kısmı toplam 28 denemeden oluşmuştur (Çizelge 3.2). Mikrodalga sisteminde ise sabit sıcaklıkta mikrodalgada kurutma sırasındaki yağ ağırlık kaybı ve kızartma sıcaklık ve süresi optimize edilmiştir. Deneysel tasarım için 3 değişkenli ve her bir değişken için üç değer seviyesi olan Box-Behnken dizayn kullanılmıştır. Çalışmanın bu kısmı toplam 27 denemeden oluşmuştur (Çizelge 3.4). Deneysel dizayn ve optimizasyonu için Minitab (MINITAB 17.1.0.0) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Kontrol gruplarında ve depolama stabilitesi çalışmalarında üçer tekkerrürlü çalışılmıştır.

Çizelge 3.1.Kabak dilimleri için konvensiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri

Değişkenler	Gerçek / Kodlanmış Değişken Değerleri				
Kurutma Sıcaklığı (°C)	41 / -2	48 / -1	55 / 0	62 / 1	69 / 2
Ağırlık Kaybı (%)	10 / -2	12,5 / -1	15 / 0	17,5 / 1	20 / 2
Kızartma Sıcaklığı (°C)	120 / -2	140 / -1	160 / 0	180 / 1	200 / 2
Kızartma Süresi (sn)	30 / -2	70 / -1	110 / 0	150 / 1	190 / 2

Çizelge 3.2.Konvensiyonel kurutma-kızartma entegrasyonun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı

Deneme Sırası	Kurutma Sıcaklığı	Ağırlık Kaybı	Kızartma Sıcaklığı	Kızartma Süresi
1	-1	-1	1	1
2	1	-1	-1	1
3	1	-1	1	1
4	0	0	2	0
5	0	0	0	-2
6	0	0	0	0
7	1	1	-1	1
8	-1	1	1	-1
9	0	0	0	0
10	-1	1	-1	-1
11	-2	0	0	0
12	2	0	0	0
13	-1	-1	1	-1
14	-1	1	-1	1
15	0	0	-2	0
16	0	-2	0	0
17	-1	1	1	1
18	0	2	0	0
19	1	-1	-1	-1
20	1	1	1	1
21	-1	-1	-1	1
22	-1	-1	-1	-1
23	1	1	1	-1
24	0	0	0	2
25	1	1	-1	-1
26	0	0	0	0
27	1	-1	1	-1
28	0	0	0	0

Çizelge 3.3.Kabak dilimleri için mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri

Değişkenler	Gerçek / Kodlanmış Değişken Değerleri		
Ağırlık Kaybı (%)	10/ -1	15/ 0	20/ 1
Kızartma Sıcaklığı (°C)	140 / -1	160 / 0	180 / 1
Kızartma Süresi (sn)	30 / -1	105 / 0	180 / 1

Çizelge 3.4.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonun kodlanmış değerlerle deneysel tasarım

Deneme Sırası	Ağırlık Kaybı	Kızartma Sıcaklığı	Kızartma Süresi
1	0	0	0
2	1	1	1
3	1	0	0
4	1	0	1
5	0	-1	1
6	-1	1	0
7	-1	1	1
8	0	-1	-1
9	0	1	0
10	1	1	0
11	0	0	1
12	1	-1	1
13	1	0	-1
14	-1	0	0
15	1	-1	-1
16	-1	0	1
17	1	-1	0
18	0	1	-1
19	0	1	1
20	-1	-1	1
21	-1	1	-1
22	1	1	-1
23	0	0	-1
24	-1	-1	0
25	0	-1	0
26	-1	0	-1
27	-1	-1	-1

## 4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Kontrol Gruplarında Denemelerin Gerçekleştirilmesi

Çalışma planında kontrol grubu denemeleri farklı dilim kalınlıkları (2 mm, 3 mm, 4 mm), farklı kızartma sıcaklıkları (160°C, 180°C) ve farklı kızartma sürelerini (1, 2, 3, 5, 8 dakika) içermektedir.

Kabak dilimlerinde kontrol grubu kapsamında gerçekleştirilen kızartma kombinasyonları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.Kontrol grubu kabak dilimlerinin kızartılmasındaki işlem kombinasyonları

Uygulama No	Dilim Kalınlığı, mm	Kızartma Sıcaklığı, °C	Kızartma Süresi, dakika
K-1	2	160	1
K-2	2	160	2
K-3	2	160	3
K-4	2	160	5
K-5	2	160	8
K-6	3	160	1
K-7	3	160	2
K-8	3	160	3
K-9	3	160	5
K-10	3	160	8
K-11	4	160	1
K-12	4	160	2
K-13	4	160	3
K-14	4	160	5
K-15	4	160	8
K-16	2	180	1
K-17	2	180	2
K-18	2	180	3
K-19	2	180	5
K-20	2	180	8
K-21	3	180	1
K-22	3	180	2
K-23	3	180	3
K-24	3	180	5
K-25	3	180	8
K-26	4	180	1
K-27	4	180	2
K-28	4	180	3
K-29	4	180	5
K-30	4	180	8

Yukarıda deneme tasarımı verilmiş olan kontrol grubu kızartma uygulamaları sonucunda elde edilen kızarmış kabak dilimlerinde duyuusal analizler gerçekleştirilerek panelistlerin hangi uygulamayı en çok beğendikleri ortaya konmuştur.

## 4.2 Duyusal Analiz

Tüm kızartma uygulamalarında (izelge 4.1) duyuusal analiz gerçekleştirilmiştir.

Duyusal analiz ile amaçlanan tüketicinin beğenisinin hangi yönde olduğu, hangi uygulamanın en çok beğeni aldığının belirlenmesidir. Beğenilen kızarmış kabak dilimlerinde gerçekleştirilen ölçüm sonuçları kullanılarak optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca optimizasyonda dilim kalınlığı bir değişken olarak ele alınmamış, en çok beğeni kazanan kontrol grubunun dilim kalınlığı tüm optimizasyon uygulamalarında kullanılmıştır. Duyusal analiz amacıyla yarı-eğitimli (panel öncesi, skala ve sorulardaki terimler hakkında eğitim almış olmak) 9 panelist kullanılmıştır. Kullanılan yöntem 9-nokta hazsal skala (9-point hedonic scale, aşırı beğenmedim:1, aşırı beğendim: 9) testidir. Panelistlerden örnekleri görünüş için pürüzlülük, renk, yanmış noktalar açısından; tekstür için sertlik, ıtırılık, kırılganlık ve gevreklik açısından; flavor için acılık, yağlılık ve tatlılık açısından; çiğnenebilirlik için nemlilik (panelistin tadım sırasında algıladığı durum), pürüzlülük miktarı, gevrekliiğin devamı açısından kabul edilebilirlik noktasında değerlendirmeleri istenmiştir.

Duyusal özelliklere panelistlerin vermiş oldukları cevaplar tekstür, yağlılık, tad ve görünüş olarak adlandırılan 4 başlık altında gruplandırılmıştır. İlgili grup puanları ve bunların ortalaması genel değerlendirme olarak her uygulama için aşağıdaki çizelgede verilmiştir (izelge 4.2.).



Çizelge 4.2.Koda karşılık gelen uygulama koşullarında kızartılmış kabak dilimlerinin duyu analizi sonuçları

Ürün Kodu	Tekstür	Yağlılık	Tad	Görünüş	Genel Değerlendirme
K-1	3.0	3.1	1.4	1.3	2.2
K-2	3.0	3.4	3.6	4.3	3.6
K-3	3.0	3.7	2.9	4.0	3.4
K-4	2.7	3.3	1.7	1.6	2.3
K-5	2.4	3.1	1.7	1.0	2.1
K-6	1.9	3.3	1.6	3.0	2.4
K-7	3.9	4.0	3.9	4.6	4.1
K-8	3.7	4.3	3.6	3.0	3.6
K-9	3.0	3.1	1.4	1.3	2.2
K-10	2.7	2.6	1.0	1.0	1.8
K-11	2.3	2.6	1.7	3.4	2.5
K-12	2.6	2.9	2.3	4.0	2.9
K-13	3.6	2.9	3.6	4.1	3.5
K-14	3.9	3.1	4.7	2.9	3.6
K-15	3.9	3.6	2.6	2.1	3.0
K-16	2.7	2.6	2.3	3.6	2.8
K-17	3.4	3.9	4.3	4.3	4.0
K-18	3.7	3.9	3.9	3.1	3.6
K-19	3.1	3.6	1.9	2.6	2.8
K-20	1.9	3.1	1.0	1.0	1.8
K-21	4.2	4.3	4.5	4.8	4.5
K-22	3.7	3.3	1.4	1.0	2.4
K-23	2.7	3.3	1.1	1.0	2.0
K-24	2.6	2.7	1.0	1.0	1.8
K-25	2.9	2.7	1.0	1.0	1.9
K-26	2.6	3.0	2.1	3.6	2.8
K-27	3.4	3.7	3.3	4.3	3.7
K-28	3.3	3.6	3.3	3.4	3.4
K-29	3.0	3.7	2.9	2.7	3.1
K-30	2.6	2.6	1.3	1.1	1.9

Duyusal analiz sonuçlarında en yüksek genel değerlendirme puanının K-21 nolu uygulama olduğu görülmüştür. Ayrıca Çizelge 4.2'den görüldüğü üzere bu uygulamada kabak dilim kalınlığı 3 mm'dir. Bu nedenle çalışmanın geri kalanında kabak uygulamalarında 3 mm dilim kalınlığı sabit tutulmuştur. En yüksek beğeni kazanmış uygulamanın tekstürel özellikleri, nem ve yağ yüzdeleri ve renk değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.En yüksek beğeni kazanmış kabak dilimlerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri

				Tekstürel Özellikler				
Ürün Kodu	Nem,%	Yağ*,%		TPA				Kesme Testi
		K.M.	Y.A.	Sertlik, g.kuvvet	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği, g.kuvvet
K-21	40.90	58.16	34.37	50.37	23.33	0.88	1984.23	86.89

Yağ yüzdesi kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

K.M.: Kuru madde üzerinden, Y.A.: Yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere en yüksek beğeniye sahip olan kabak dilimlerinin nem değeri %41 civarındadır. Yine aynı örneklerin tekstürel özellikleri aynı çizelgede görülmektedir. Yağ içeriği ise kuru madde üzerinden ve yaş ağırlık üzerinden hesaplanmış ve her ikisi de çizelgede yer almıştır.

Çizelge 4.4’de duyusal analizler sonucunda en çok beğeni kazanan uygulamadan elde edilen kabak örneklerinde yüzey renk değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4.En yüksek beğeni kazanmış kabak dilimlerinin yüzey renk değerleri

Ürün Kodu	L*	a*	b*
K-21	62.24	2.00	25.03

Sonuç olarak kabak dilimlerinin ön işlem sonrası kombine kızartma işlemlerinin optimizasyon çalışmalarında hedeflenen değerler K-21’in değerleri olarak kabul edilmiştir.

### 4.3 Optimizasyon Çalışmaları

#### 4.3.1 Konveksiyonel kurutma

Kontrol grubu ve duyusal analiz çalışmalarının ardından örneklere ön kurutma işlemi ve devamında derin daldırma yönteminin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Buna yönelik olarak çalışmanın bu bölümünde ön kurutma işlemlerinden biri olan konveksiyonel kurutma tekniği kullanılmıştır. Deney tasarımı Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.5.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri

Değişkenler	Gerçek / Kodlanmış Değişken Değerleri				
Kurutma Sıcaklığı (°C)	41 / -2	48 / -1	55 / 0	62 / 1	69 / 2
Ağırlık Kaybı (%)	10 / -2	12,5 / -1	15 / 0	17,5 / 1	20 / 2
Kızartma Sıcaklığı (°C)	120 / -2	140 / -1	160 / 0	180 / 1	200 / 2
Kızartma Süresi (sn)	30 / -2	70 / -1	110 / 0	150 / 1	190 / 2

Çizelge 4.6.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı

Deneme Sırası	Kurutma Sıcaklığı	Ağırlık Kaybı	Kızartma Sıcaklığı	Kızartma Süresi
1	-1	-1	1	1
2	1	-1	-1	1
3	1	-1	1	1
4	0	0	2	0
5	0	0	0	-2
6	0	0	0	0
7	1	1	-1	1
8	-1	1	1	-1
9	0	0	0	0
10	-1	1	-1	-1
11	-2	0	0	0
12	2	0	0	0
13	-1	-1	1	-1
14	-1	1	-1	1
15	0	0	-2	0
16	0	-2	0	0
17	-1	1	1	1
18	0	2	0	0
19	1	-1	-1	-1
20	1	1	1	1
21	-1	-1	-1	1
22	-1	-1	-1	-1
23	1	1	1	-1
24	0	0	0	2
25	1	1	-1	-1
26	0	0	0	0
27	1	-1	1	-1
28	0	0	0	0

Yukarıda verilmiş olan değişken aralıklarında ve deney tasarımına göre kabak dilimleri işlenmiştir. Devamında kızartılmış kabak örneklerinde tekstür, renk, yağ, nem değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar sertlik, elastikiyet, kohezyon, çiğnenabilirlik ve kesme sertliği değerleri için Çizelge 4.7’de; renk, nem ve yağ değerleri için Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait tekstür analiz sonuçları

Deneme Sırası	Sertlik, g.kuvvet	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenbilirlik	Kesme Sertliği, g.kuvvet
1	15.40	1.42	0.372	2.7	75.2
2	307.30	17.08	0.647	5037.3	397.6
3	13.00	0.60	0.297	7.2	71.0
4	75.70	10.24	0.583	842.5	99.1
5	2361.50	0.87	0.787	1599.7	834.3
6	448.20	21.01	0.838	5535.4	206.2
7	611.50	9.01	0.665	1479.4	420.6
8	592.30	16.05	0.797	6093.1	542.1
9	498.70	14.19	0.758	3599.7	247.6
10	1861.00	0.86	0.765	1228.1	445.7
11	488.00	5.68	0.711	1817.2	473.7
12	279.60	18.26	0.709	5083.6	195.5
13	573.20	13.72	0.725	1022.1	410.3
14	268.80	14.48	0.624	4347.0	333.6
15	2203.50	0.85	0.735	1377.7	374.7
16	198.20	23.52	0.925	4297.9	412.2
17	29.30	0.00	0.295	1020.0	88.6
18	302.50	23.56	0.674	7005.9	331.6
19	2196.30	0.85	0.785	1659.7	640.0
20	139.70	6.47	0.580	2140.0	137.1
21	836.30	7.88	0.743	952.0	279.0
22	1997.10	0.87	0.742	1294.3	371.8
23	519.20	12.26	0.746	3644.5	357.2
24	120.40	0.19	0.113	18.8	121.8
25	1810.10	0.88	0.754	1000.7	368.1
26	373.00	18.91	0.751	5245.3	217.8
27	831.20	11.18	0.747	5403.0	344.4
28	623.20	13.48	0.729	6422.0	316.1

Çizelge 4.8.Konveksiyonel kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait renk analiz, nem ve yağ oranları

Deneme Sırası	L*	a*	b*	Nem (%)	Yağ (%)
1	54.12	10.02	24.20	32.7	64.2
2	74.48	-1.64	24.93	74.6	34.7
3	44.36	9.87	23.17	38.9	64.0
4	52.33	10.45	24.29	54.2	43.8
5	70.08	-2.87	23.51	88.7	23.4
6	74.04	-2.18	24.92	72.4	32.2
7	67.91	-3.02	24.64	80.9	29.6
8	66.17	7.73	25.79	77.1	34.0
9	70.57	-2.21	25.84	77.0	33.0
10	70.87	-2.35	23.98	88.7	23.0
11	72.38	-1.75	25.47	79.9	27.9
12	65.83	6.27	31.92	74.9	29.6
13	65.35	5.91	28.23	73.5	41.1
14	73.32	-1.91	26.45	73.9	31.4
15	70.11	-4.75	19.99	92.5	23.7
16	67.24	0.44	29.78	74.1	40.3
17	57.71	10.86	24.51	34.6	61.2
18	59.47	2.83	23.61	65.2	53.0
19	62.43	-1.45	19.62	89.1	26.1
20	44.64	15.27	22.38	33.0	56.1
21	74.26	-1.98	26.93	85.2	26.1
22	70.52	-3.52	27.01	88.9	21.2
23	68.34	5.77	28.38	80.1	40.2
24	60.42	10.39	29.02	50.6	44.9
25	71.16	-4.02	28.08	86.8	23.6
26	70.12	-3.93	30.25	70.5	33.2
27	63.32	4.80	31.32	80.2	30.7
28	71.54	-1.95	29.58	74.7	34.7

\*, Yağ oranı yüzde (%) olarak yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Proses parametrelerinin optimizasyonu için regresyon analizi yapılarak yanıt yüzey yöntemiyle çalışma konusu kızartılmış ürün özelliklerinin (nem oranı, yağ oranı, renk değerleri L\*, a\*, b\*, ve tekstürel özelliklerden sertlik, elastikiyet, kohezyon, çiğnenebilirlik, ve kesme sertliği) proses parametrelerine (fırın sıcaklığı, ağırlık kaybı, kızartma ünitesindeki yağın sıcaklığı ve kızartma süresi) bağlı fonksiyonları elde edilmiştir. İlgili modellerin katsayıları, parametrelere ait model terimlerinin istatistiksel önemi ve modelin genel performans değerleri Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	Sertlik, g.kuvvet		Elastikiyet		Kohezyon		Çiğnenebilirlik		Kesme Sertliği, g.kuvvet	
	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri
İntersept	24074	***	-523.9	***	-2.22	***	-179066	***	506	***
KSc	-0.96	ns	4.79	ns	0.00093	ns	1957	ns	-2.18	ns
AK	-12.2	ns	0.108	ns	-0.0056	ns	2788	ns	-0.96	ns
KzSc	-201.1	***	3.763	ns	0.0282	***	1060	ns	3.92	***
KzSr	-85.94	***	1.797	ns	0.02142	***	398.6	ns	1.37	***
KSc*KSc	-		-0.042	*	-		-10.74	*	-	
AK*AK	-		-		-		-		-	
KzSc*KzSc	0.4593	***	-0.00916	***	-0.000068	ns	-2.779	***	-	
KzSr*KzSr	0.1307	***	-0.003074	***	-0.000050	***	-0.742	***	0.0295	*
KSc*AK	-		-		-		-47.4	*	-	
KzSc*KzSr	0.2752	***	-0.00701	***	-0.000086	**	-1.533	***	-0.0693	*
Regresyon	***		***		***		***		***	
R <sup>2</sup>	96.5		83.0		85.5		80.9		77.2	
R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	95.2		75.9		80.4		71.4		70.7	
Lack-of-fit	ns		ns		ns		ns		ns	

\*, p≤0.05; \*\*, p≤0.01; \*\*\*, p≤0.001, ns: istatistiksel olarak önemsiz

KSc: Kurutma Sıcaklığı (°C), AK: Ağırlık Kaybı (%), KzSc: Kızartma Sıcaklığı (°C),

KzSr: Kızartma Süresi (saniye)

Çizelge 4.10.Kızartılmış ürün renk değerlerinin ve kuru madde ve yağ oranlarının proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	L*		a*		b*		%Nem		% Y.O.	
	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri
İntersept	-206.1	***	194.8	*	-72.1	***	26.7	***	79.5	***
KSc	-0.290	**	-2.80	ns	-0.95	ns	-0.006	ns	-0.024	ns
AK	9.30	ns	-5.27	ns	-0.78	ns	-0.431	ns	0.196	ns
KzSc	2.368	***	-1.065	***	1.383	ns	0.526	***	-0.558	***
KzSr	1.101	***	-0.414	***	0.348	ns	1.358	***	-1.204	***
KSc*KSc	-		0.02639	**	0.0042	ns	-		-	
AK*AK	-0.312	**	0.1818	*	-0.0474	ns	-		-	
KzSc*KzSc	-0.00621	**	0.00360	**	-0.00359	*	-		-	
KzSr*KzSr	-0.000924	*	0.001042	***	-0.000252	ns	-		-	
KSc*AK	-		-		0.0360	ns	-		-	
KzSc*KzSr	-0.00604	***	0.001485	*	-0.001853	ns	0.01036	***	0.00871	***
Regresyon	***		***		ns		***		***	
R <sup>2</sup>	88.1		91.0		46.0		94.0		88.1	
R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	83.1		86.4		14.2		93.0		85.4	
Lack-of-fit	ns		ns		ns		ns		**	

\*, p≤0.05; \*\*, p≤0.01; \*\*\*, p≤0.001, ns: istatistiksel olarak önemsiz

KSc: Kurutma Sıcaklığı (°C), AK: Ağırlık Kaybı (%), KzSc: Kızartma Sıcaklığı (°C), KzSr: Kızartma Süresi (saniye)

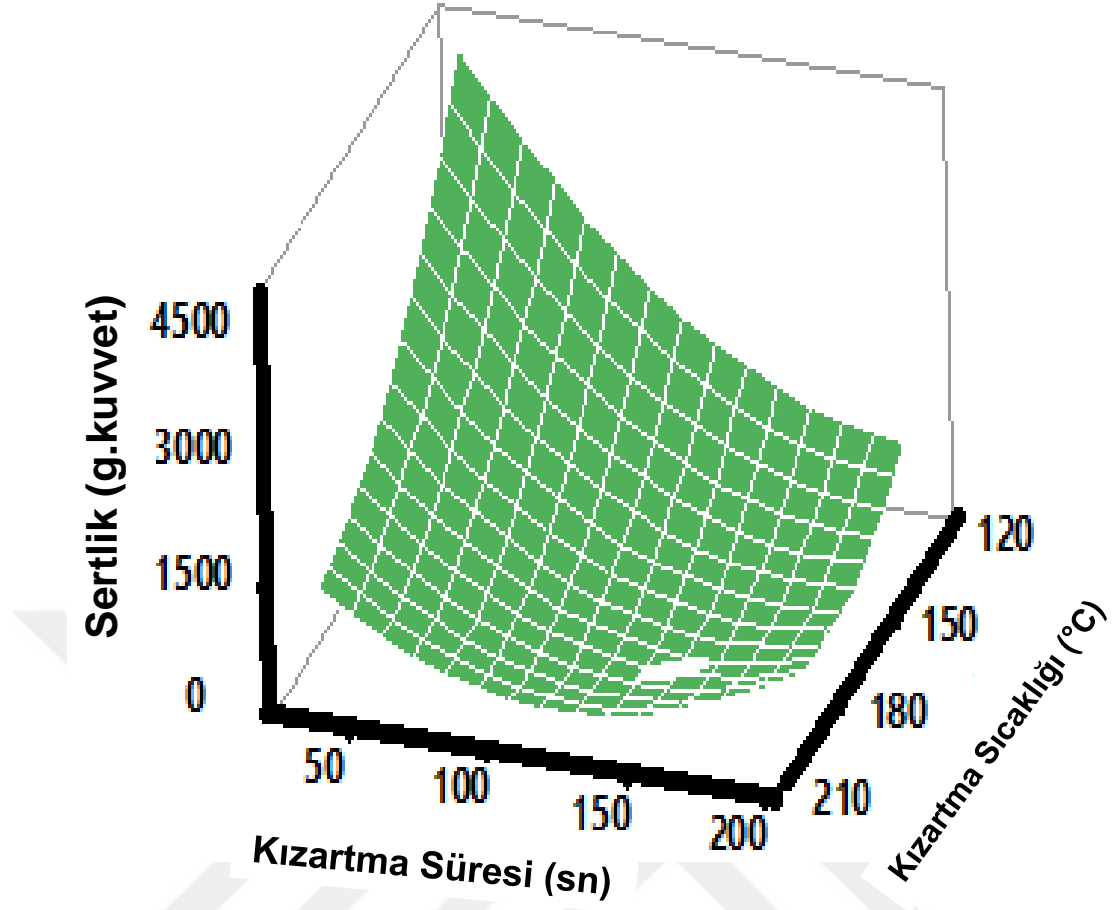
Nem: Yüzdece (%) nem oranı; Y.O.: Yüzdece (%) yağ ağırlık üzerinden yağ oranı

Konveksiyonel ön kurutma kombineli kızartma işleminin kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri (sertlik, elastikiyet, kohezyon, çiğnenebilirlik, kesme sertliği), nem oranı, yağ absorpsiyon oranı ve yüzey renk değerleri açısından modellenmesi yanıt yüzey yöntemi ile yapılmış, ikinci dereceden denklem interaksiyonlarıyla birlikte model eşitliği olarak kullanılmıştır. Ancak kurutma ve kızartma işleminin bir birinden ayrı

seri iki farklı proses olması nedeniyle kurutma ve kızartma parametrelerinin bir biriyle interaksyonlarına eşitlikte yer verilmemiştir. İnteraksyon etkileri proses parametrelerinin kendi aralarında olanlarda incelenmiştir. Çalışmada elde edilen modellerin performanslarına bakıldığında performans parametreleri yüzey renk değeri  $b^*$  hariç diğer incelenen değerler için yüksek tahmin kabiliyetine sahip modellerin geliştirildiğini göstermektedir (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Model performans parametreleri (Lack-of-fit,  $R^2$  ve  $R^2_{adj}$ ) yüksek olmakla birlikte Lack-of-fit değeri yağ absorpsiyon oranına ait modelde önemli bulunmuştur. Diğer tüm geliştirilmiş modellerde lack-of-fit önemsiz çıkmıştır.

### **Sertlik**

Çizelge 4.9’da kızarmış kabak dilimlerine ait model parametreleri ve önem dereceleri gösterilmiştir. Analiz sonucunda kabak dilimlerinin ön kurutma ve devamında kızartma işlemi sonucunda sertlik değerine ilişkin model parametrelerinden kızartma sıcaklık ve süresinin hem birinci ve ikinci dereceden terimleri hem de bir birleriyle etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Öte yandan ön işlem olarak uygulanan kurutma işlemine ait değişkenler olan kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybının birinci dereceden terimleri modelde yer almış ancak istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).



Şekil 4.1.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi, kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur

Şekil 4.1’de kabak dilimlerinin kızartma sonrası sertlik değerinin kızartma işlem parametreleri ile değişimi gösterilmiştir. Burada diğer işlem olan kurutma değişkenleri sabit tutulmuştur.

Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere kabak dilimlerinin sertlik değeri kızartma süresinden bağımsız olarak sıcaklık artışıyla azalmıştır. Kızartma süresindeki artışın ise düşük sıcaklık değerlerinde sertlik değerini azalttığı görülürken, bu etkinin yüksek kızartma sıcaklıklarına çıktığında kısmen değiştiği, kızartma süresinin 125 sn civarına kadar artışıyla sertlik azalmış, devamında süredeki artış ile kısmen sertlik değeri artmıştır. Öncelikle sıcaklık artışına paralel olarak kabak dilimlerinden uzaklaşan su miktarı aynı süre içerisinde artış göstermiş, yapı gevreklik kazanmıştır. Bu nedenle daha gevrek ancak sertliği azalmış ürünler elde edilmiştir. Benzer şekilde sürenin sertliği azaltıcı etkisinin de yine yapıdan uzaklaşan su miktarı ile ilişkili olduğu

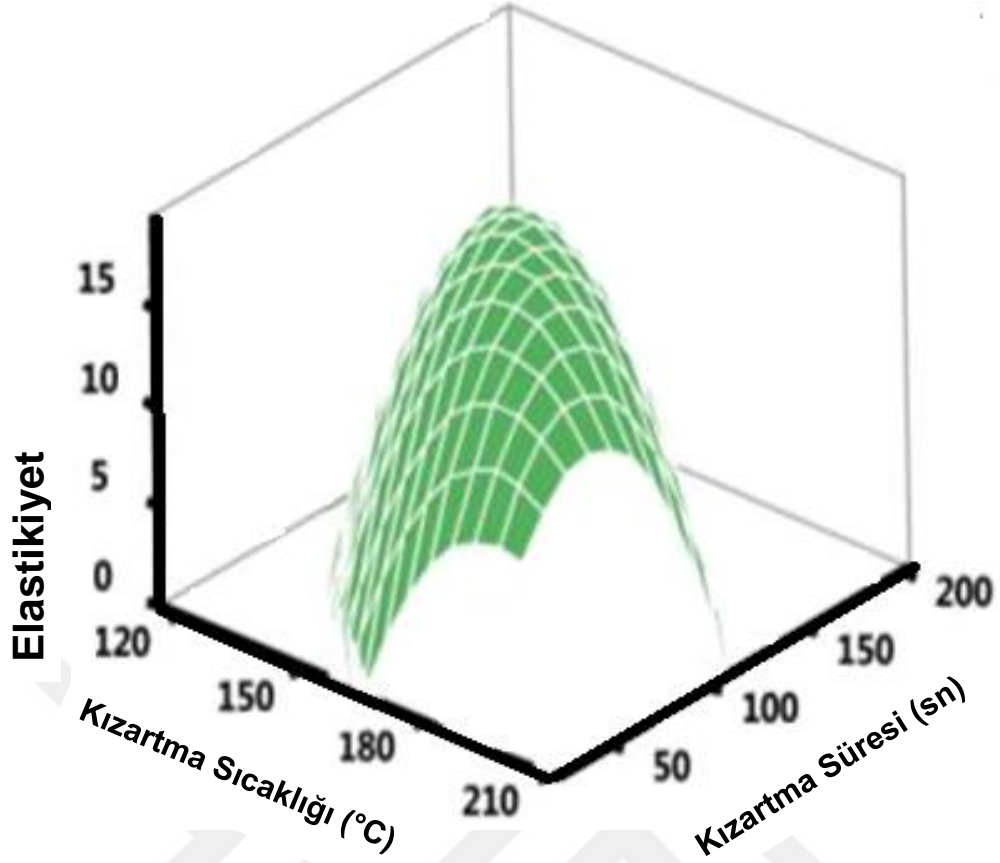


düşünülmektedir. Daha uzun süreli bir kızartma işlemi sonucunda yapıda mevcut su miktarında daha fazla bir azalma olacaktır. Shyu ve Hwang (2001) bir çalışmalarında elma cipslerinde kızartma işlemi sonrası cips dilimlerini kırma kuvvetinin kızartma işlemi sıcaklığında ve süresindeki artışla birlikte düştüğünü rapor etmişler ve bunun elma cipslerinin yapısındaki suyun uzaklaşmasıyla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

### **Elastikiyet**

Çalışmada yer alan diğer bir tekstürel özellik elastikiyettir. Kabak dilimlerinin kızartma işlemi sonrası elastikiyet değerlerinin işlem parametreleriyle değişimini gösteren model ve ilgili model terimlerinin önem düzeylerini ve model tahmin performans parametrelerini gösterir veriler Şekil 4.9’da sunulmuştur. Model içerisinde yer alan birinci dereceden terimler incelendiğinde hepsinin de önemsiz olduğu görülmektedir ( $p>0.05$ ). Öte yandan ikinci dereceden terimlerden ise sadece kurutma işlemi değişkeni olan ağırlık kaybı önemsiz ( $p>0.05$ ), diğer terimler ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). İşlem parametreleri arası etkileşimi ifade eden terimlerden ise kızartma işleminin parametreleri arasında olan önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.001$ ).

Şekil 4.2’de kabak dilimlerinin elastikiyet değerlerinin kızartma işlem koşullarına göre değişimi gösterilmiştir. Kabak dilimlerinin elastikiyet değeri kızartma işlemi koşullarının değişim aralığında incelendiğinde ortalama değişken değerlerinde, diğer bir ifade ile yaklaşık 160 °C ve 50-100 sn kızartma işlem sürelerinde en yüksek değerine ulaşırken bu değerlerden uzaklaşıldıkça elastikiyet değerlerinde azalma gözlenmiştir. Özellikle başlangıçta kızartma sıcaklığındaki ve süresindeki artış ile elastikiyetin artış göstermesi kabağın kısmen kuruması ile yapının daha elastik bir hal aldığı düşünülmektedir. Ancak daha yüksek sıcaklıklara çıkılması ve/veya kızartma süresinin uzaması ile artık yapıdaki suyun büyük kısmının uzaklaşması beraberinde gevrek bir yapıyı oluşturmakta, elastikiyet düşmektedir.

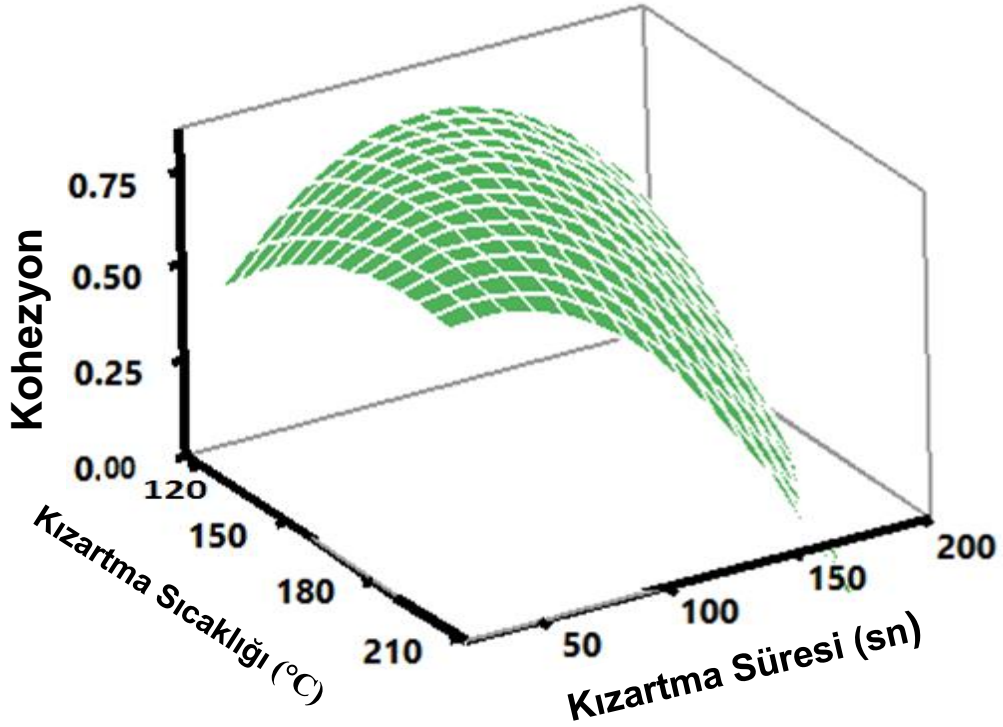


Şekil 4.2. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin elastikiyet değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

### Kohezyon

Bir diğer tekstürel özellik kohezyondur. Şekil 4.9’da kızartılmış kabak dilimlerinin kohezyon değerlerini tahmin eden model, model performans parametreleri ve model terimlerine ait katsayılar ve bu terimlerin önem düzeyleri gösterilmiştir. Modeldeki birinci dereceden terimlerin kurutma ile ilgili olanları önemsiz ( $p > 0.05$ ), kızartma işlemi ile ilgili olanları ise önemli ( $p \leq 0.001$ ) bulunmuştur. İkinci dereceden terimlerde ise sadece kızartma işleminin değişkenlerine ait olanlar yer almıştır. Bunlardan ise kızartma sıcaklığı önemsiz ( $p > 0.05$ ), süre ise önemli ( $p \leq 0.001$ ) olarak belirlenmiştir. Değişkenler arası etkileşimi gösteren terimlerden sadece kızartma işlemi değişkenlerinin bir birleriyle etkileşimleri önemli bulunmuş ve model içerisinde yer almıştır ( $p \leq 0.01$ ).

Kohezyon değeri Tekstür Profil Analizinde (TPA) ikinci sıkıştırma alanının birinci sıkıştırma alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle kabak dilimlerinin elastikiyet değerleri ile kohezyon değerleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Bu durum Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'den de görülmektedir. Elastikiyet değerindeki artış yapının birinci sıkıştırma evresinden sonra kendisini toplayabilmesini olanaklı kılmakta ve böylelikle de ikinci sıkıştırma evresinde oluşan alan büyümekte bu da kohezyon değerinin artmasına neden olmaktadır. Kabak dilimlerinin kızartma işlem koşullarına bağlı olarak sıcaklık artışıyla ve sürenin uzamasıyla belirli bir noktaya kadar elastikiyet değerlerinin arttığı, devamında azaldığı belirtilmiştir. Bunun kohezyon değeri üzerindeki yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı benzer etkisi görülmüştür. Yine kızartma sıcaklık ve süre değerlerinde de etkilerinin de değişimlerin yaşandığı noktalar elastikiyet de gözlemlenen ile yakınlık göstermektedir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3)

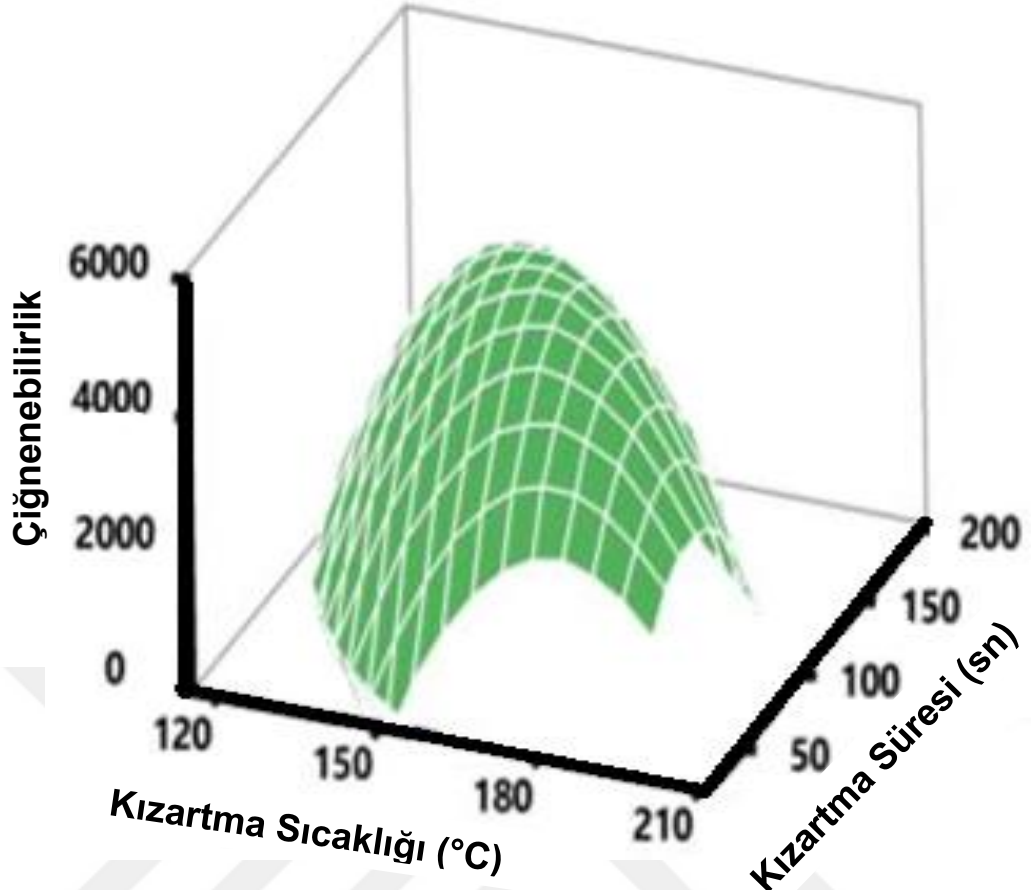


Şekil 4.3. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kohezyon değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişim (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

## Çiğnenebilirlik

Kızartılmış kabak dilimlerinin çiğnenebilirlik değerlerinin kurutma ve kızartma işlem koşullarıyla ilişkisini gösterir model, bu modelde yer alan terimlerin önem düzeyleri, model tahmin performans parametreleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çiğnenebilirlik değerleri için üretilmiş olan model içerisindeki birinci dereceden terimlerin hepsi önemsiz ( $p>0.05$ ), ikinci dereceden kurutma sıcaklığı, kızartma sıcaklık ve süresine ait terimler önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Her iki uygulamanın değişkenlerinin kendi aralarındaki etkileşimleri de yine önemli olarak tespit edilmiş ve model içerisinde yer almıştır ( $p\leq 0.05$ ).

Şekil 4.4 kızartma işlem koşullarına bağlı olarak kabak dilimlerinin çiğnenebilirlik değerlerinin değişimini göstermektedir. Kızartma sıcaklık ve süresinin etkisinin değişkenlik gösterdiği şekilden de anlaşılmaktadır. Özellikle her iki işlem değişkenine bağlı çiğnenebilirlik değerlerindeki değişim yukarıda incelenmiş diğer tekstürel özellikler olan elastikiyet ve kohezyon değerleriyle benzerlik göstermektedir.



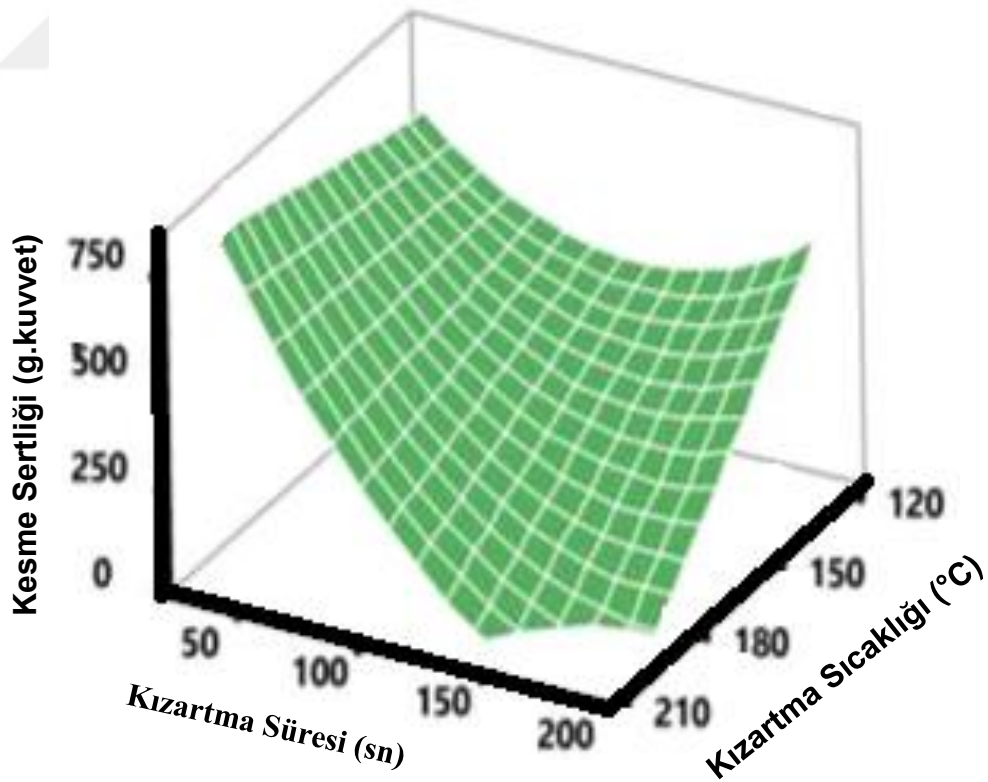
Şekil 4.4. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin çiğnenebilirlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Özellikle elastikiyet değerinin arttığı kızartma sıcaklık ve süre aralıklarında benzer şekilde çiğnenebilirlikte de bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). Çiğnenebilirlik yutmak için ağızda gerçekleştirilen işlemler için gerekli enerjidir. Bu düşünüldüğünde özellikle elastikiyet değerlerindeki artış yapının çiğneme işlemleri sırasında kendini tekrar toparlaması ve buna bağlı olarak çiğneme işlemi sırasında daha fazla enerji harcanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle elastikiyet değeri ve dolaylı olarak kohezyon değeri ile benzer ilişki gösterdiği düşünülmektedir.

## Kesme Sertliği

Kesme sertliği çalışmada konveksiyonel kurutma işlemi ile kombineli kabak dilimlerinin kızartılması sonrası tekstürel özelliklerine yönelik incelenmiş olan son özelliktir. Kesme sertliğinde dişin gıda materyalini kesmesi için gerekli kuvvet simule edilmektedir.

Çizelge 4.9’da kabak dilimlerinin kızartma işlemi sonrası ölçülen kesme sertliği değerlerinin işlem koşullarıyla değişimini ifade eden model, ve model terimlerinin önem dereceleri verilmektedir. Model terimleri incelendiğinde kızartma işlem koşulları olan kızartma sıcaklık ve süresinin baskın etkileri gözlenmektedir. Model içerisinde kurutma işlem koşullarına da yer verilmekle birlikte bunlar istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Kızartma sıcaklık ve süresinin birinci dereceden terimleri ve bir birleriyle etkileşimleri önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.05$ ). Yine modelde ikinci dereceden sadece kızartma süresine ait olan terimi yer almıştır ( $p\leq 0.05$ ).



şekil 4.5.Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kesme sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

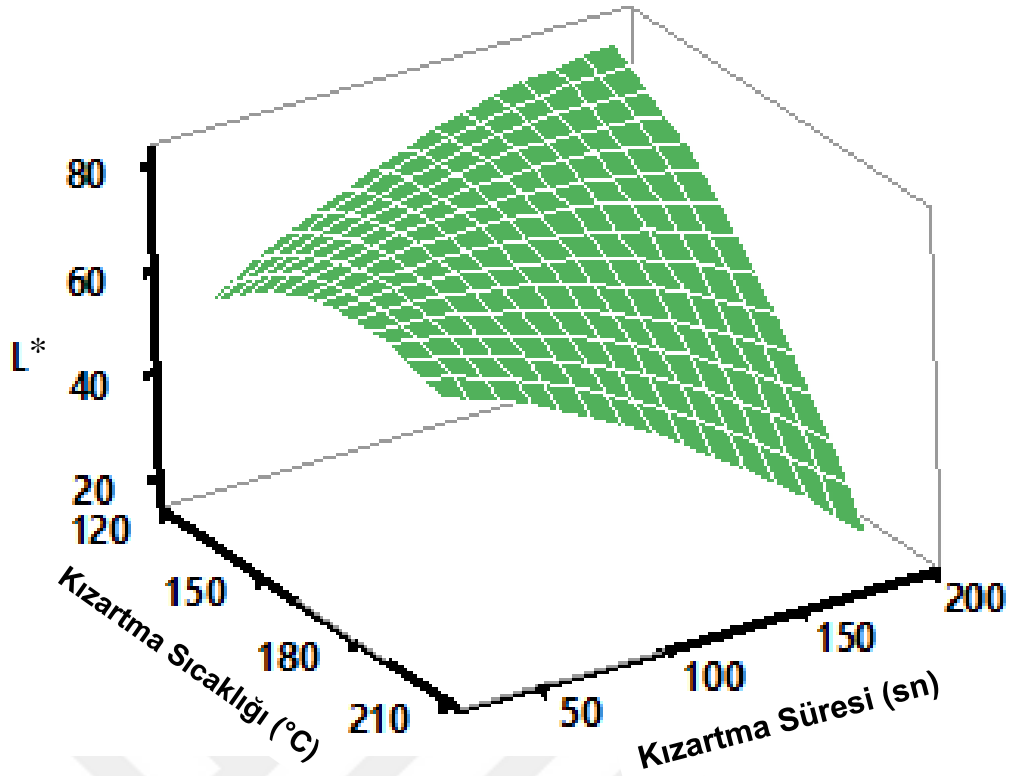
Kesme sertliğinin kızartma parametreleri ile değişimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Her iki değişkenin kabak dilimlerinin kesme sertliği üzerindeki etkileri sertlik değeri üzerindeki etkilerine Şekil 4.1’de benzerlik göstermiştir. Yine burada kızartma sıcaklığının artışıyla birlikte yapıdan suyun uzaklaşması hızlanmış, buna paralel olarak kabak dilimleri gevrek bir yapıya ulaşmıştır. Bu da dilimlerin kesme sertliği değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Kızartma süresindeki artışta benzer şekilde yapıdan suyun uzaklaşmasıyla paralellik göstermiş, süre uzadıkça daha fazla su kızartma işlemi sırasında yapıdan ayrılmıştır. Benzer şekilde literatürde de Shyu ve Hwang (2001) çalışmalarında kırma kuvvetinin sıcaklık ve süre ile azaldığını rapor etmişlerdir. Buradaki sonuca benzer şekilde sertlik değerindeki bu düşüşler gevreklikteki artış arasında bir ilişki olduğunu söylemişlerdir.

### **Yüzey Renk Değerleri**

Tekstürel özelliklerin yanı sıra tüketici tercihlerinin belirlenmesinde önemli rol oynayan hususlardan birisi de kızarmış ürün yüzey rengidir. Çalışmada deneme tasarımına göre işlenmiş olan kabak dilimlerinin yüzey rengi renk parametreleri olan  $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$  değerleri de belirlenmiş ve yanıt yüzey yöntemi ile hem modellenmiş hem de istatistiksel olarak model analiz edilmiştir.

### **$L^*$ Değeri**

$L^*$  değeri ilgili örneğin yüzey parlaklığı hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle özellikle tüketicinin beğenisini çekme noktasında önem arz etmektedir. Bu renk parametresinin kurutma ve devamında kızartma işlemleriyle değişimini veren model ve ilgili model parametreleri Çizelge 4.10’da sunulmuştur. Oluşturulan model incelendiğinde birinci dereceden terimlerin ağırlık kaybı hariç diğer tüm değişkenlerinin istatistiksel olarak önemli oldukları ( $p \leq 0.01$ ), ikinci dereceden terimlerde ise kurutma sıcaklığı hariç diğerlerinin yer aldığı ve istatistiksel olarak önemli oldukları ( $p \leq 0.05$ ) görülmektedir. Kızartma işlem koşulları olan sıcaklık ve sürenin bir birleriyle etkileşimi de yine önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).



Şekil 4.6. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin  $L^*$  değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile  $55^{\circ}\text{C}$  ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Şekil 4.6 kabak dilimlerinin ön kurutma sonrası kızartma uygulaması sonucunda yüzey parlaklık değeri  $L^*$ 'nin işlem koşullarıyla değişimini göstermektedir. Düşük sıcaklık değerlerinde kızartma süresinin artması kabak dilimlerinin parlaklık değerinde bir artışa neden olmuştur. Ancak daha yüksek kızartma sıcaklıklarına çıkıldığında sürenin uzaması ile bu artışın kısmen gözlendiği devamında ise azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışılmış olan en yüksek sıcaklık değerine ulaşıldığında ise kabak dilimlerinin  $L^*$  değeri ile kızartma süresi arasında ters ilişki olduğu görülmüştür. Burada özellikle yüksek sıcaklıklara çıkıldığında yüzey rengi açısından belirleyici olan yanma, sürenin artışıyla birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle  $L^*$  değerinde bir azalma olmaktadır. Ancak düşük sıcaklıklarda süre artışının beraberinde  $L^*$  değerinde artış meydana getirmesi ise yapıya suyun uzaklaşmasıyla eş zamanlı ve ters yönlü olarak yağın girmesinin neden olabileceği düşünülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda ise bu durumun gözlemlenememesinin nedeninin de yanmanın yağın bu etkisi karşısında baskın olması ve yüzeyin kararması olarak tahmin edilmektedir. Krokida vd. (2001b) ve Krokida vd. (2001d) çalışmalarında patates çipslerinde kızartma işleminin başlangıcında  $L^*$  değerinin arttığını rapor etmişlerdir.



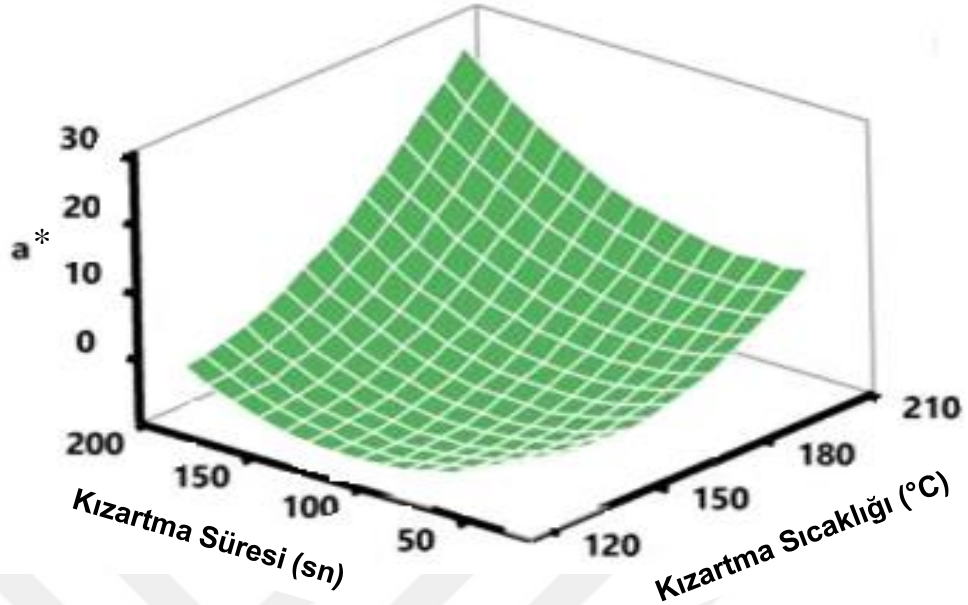
Diğer bir çalışmada ise Sahin (2000) kızartma süresi ile kızartılmış ürün yüzey parlaklık değeri arasında ters bir ilişki olduğunu rapor etmiştir. Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında elmaların atmosferik basınç altında kızartılması sırasında kızartma süresi ve sıcaklığına bağlı olarak L\* değerinin düştüğünü belirtmişler ve bunun temel nedeninin de enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olduğunu rapor etmişlerdir. Belitz vd. (2009) enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının başlıca indirgen şekerler ve amino asitler arasında olduğunu vurgulamışlardır.

### **a\* ve b\* Değerleri**

a\* ve b\* sırası ile yeşilden (-a)\* kırmızıya (+a)\* ve maviden (-b)\* sarıya (+b)\* renk değişimini ifade etmektedir. Kabak dilimlerinin yüzey rengini belirlemek için kullanılan parametrelerden olan a\* ve b\* değerlerinin uygulanan kombine kurutma kızartma işlem koşullarına bağlı değişimi incelenmiş, değişkenlere bağlı modelleri oluşturulmuştur. Model ve ilgili parametreler Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Buradan da anlaşılacağı üzere kabak dilimlerinin a\* değerleri üzerinde kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybının birinci dereceden terimlerinin etkisi önemsizken ( $p>0.05$ ), kızartma işlem koşullarının etkileri önemli bulunmuştur ( $p\leq 0.001$ ). İkinci dereceden ise tüm işlem değişkenlerine ait terimler istatistiksel olarak önemli olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). İşlem koşullarının bir birleriyle etkileşimlerini gösteren terimlerden ise sadece kızartma işlemine ait olan yer almış ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Şekil 4.7 kabak dilimlerinin yüzey renk parametrelerinden a\* değerinin kızartma işlem değişkenleriyle değişimini göstermektedir. Renk parametresi a\* özellikle sıcaklık artışıyla birlikte zamandan bağımsız olarak artmıştır. Ancak özellikle uzun kızartma sürelerinde sıcaklık artışının neden olduğu bu etki daha belirginleşmiştir. Sürenin etkisi ise kızartma sıcaklığına göre daha kısıtlı olmuştur. Özellikle düşük sıcaklık değerlerinde etkisi sınırlı iken, kısmen yüksek sıcaklık değerlerinde bu etki artmıştır. Ayrıca istatistiksel analizde de gösterdiği üzere sıcaklık ve süre arasında güçlü bir etkileşim olduğu Şekil 4.7'de de görülmektedir. Burada kızartma sıcaklık ve süresinin a\* değerini artırıcı etkisinde birincil neden kabak dilimlerinde şiddeti uygulamanın koşul değerlerine bağlı olarak değişmekle birlikte yanma ve enzimatik olmayan

esmerleşme reaksiyonlarıdır. Dilimlerde yanma ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu geliştikçe  $a^*$  değerinde negatiften pozitive doğru belirgin bir artış olmuştur.



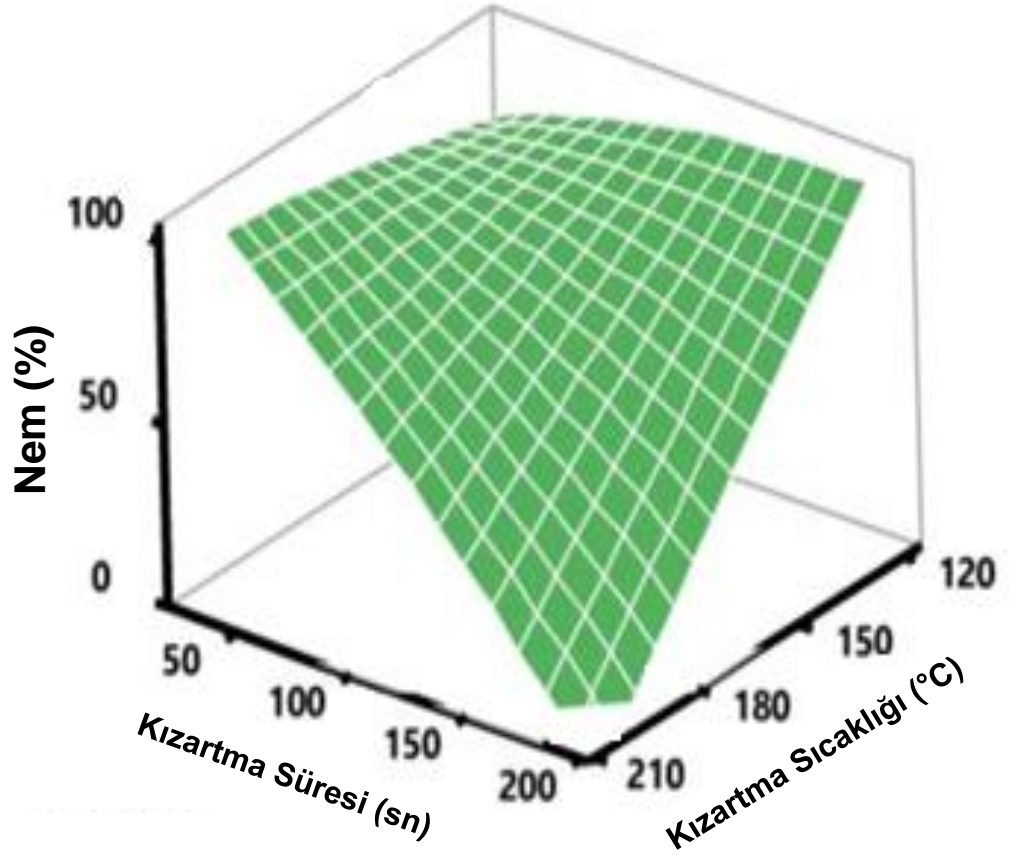
Şekil 4.7. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin  $a^*$  değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Kabak dilimlerinin baskın yüzey rengi beyaz yeşil arasındadır. Kızartma işlemi ile  $a^*$  değerindeki değişim, yanma ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan kahverengiden siyaha doğru yüzey renk değişimidir. Shyu ve Hwang (2001) ve Richardson ve Hyslop (1985) çalışmalarında kızartma işlemi sonucunda  $a^*$  değerindeki artışın enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında  $a^*$  değerinin negatif değerden pozitive doğru kızartma işlem koşulları, sıcaklık ve süre ile birlikte artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kabak dilimlerinin diğer renk değeri  $b^*$  değeri ile kurutma ve kızartma işlem koşulları arasındaki ilişkiyi gösteren model geliştirilmiş ancak sonuçlar elde edilen modelin yetersiz olduğunu göstermiştir. Bu nedenle ilgili parametrenin işlem koşullarıyla değişimi burada tartışılmamıştır.

## Nem Oranı

Kızartma işlemlerinde gıda materyali bünyesindeki nem büyük önem arz etmektedir. Çalışmamızda da özellikle hedeflere ulaşmada gıda materyali bünyesindeki nem ve yağ emilimi arasındaki ilişkiden faydalandığı düşünüldüğünde kabak dilimlerinin nem değeri ve bunun kurutma kombineli kızartma işlem koşullarıyla değişiminin incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen istatistiksel analiz ve sonucunda elde edilen model ve ilgili parametreleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Sonuçlar modelin önemli olduğunu göstermiştir ( $p \leq 0.001$ ). Model içerisinde yer alan birinci dereceden terimler arasında kızartma işlem koşullarının önemli olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.001$ ). Kurutma işlem koşullarının birinci dereceden terimleri ise önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Etkileşim olarak ise sadece kızartma işlem koşullarının ki önemlidir ( $p \leq 0.001$ ).



Şekil 4.8. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin nem oranının kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

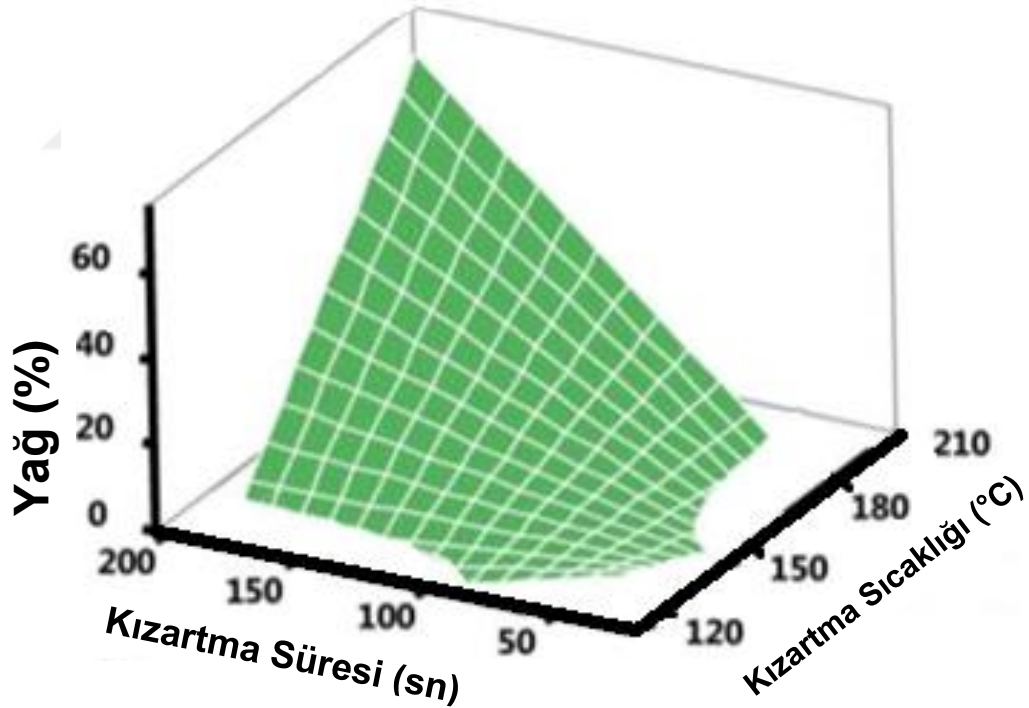
Kızartma işlem koşulları, sıcaklık ve sürenin kabak dilimlerinin nem değerleri üzerindeki etkisi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Özellikle düşük sıcaklık ve sürelerde kabak dilimlerinin nem içeriğinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak her ikisinde de artışla birlikte nem değerinde keskin bir azalma gözlenmiştir. En fazla nem değerinde azalmanın çalışılan aralıkta en yüksek kızartma sıcaklığında ve en uzun işlem süresinde elde edildiği anlaşılmaktadır. Düşük sıcaklıklarda ve sürelerde kabak dilimlerinde nemin belirgin şekilde uzaklaşmaması bu sıcaklık ve süre değerlerinin suyu yapıdan uzaklaştırmak için yeterli olmadığını göstermektedir. Düşük sıcaklıklarda daha uzun süreli bir kızartma işleminin nem değerinde belirgin değişikliğe neden olması muhtemeldir. Shyu ve Hwang (2001) çalışmalarında kızartma sıcaklığı ve süresindeki artışla birlikte nem değerinin hızla düştüğünü belirtmişler, düşük sıcaklık değerlerinde bile (100°C) etkin şekilde suyun yapıdan uzaklaştığını rapor etmişlerdir. Ancak Shyu ve Hwang (2001) çalışmasında kızartma süresi en düşük 5 dakikadır. Bu sürenin mevcut çalışmamızdaki süre aralığının en üst değerinden bile fazla olduğu düşünüldüğünde buradaki düşük sıcaklıklarda nem değerinin değişmemesini açıklamaktadır.

### **Yağ Oranı**

Çalışmadaki temel hedef ön işlem uygulaması ile kızartılacak materyalin nem seviyesini kontrollü olarak düşürmek ve bunun sonucunda kızartma işleminde yağ emilim oranını düşürmektir. Bu hedefe yönelik olarak kabak dilimlerinde konveksiyonel kurutma ön işlemi uygulaması ve devamında kızartma işlemi uygulanmış ve deney tasarımına göre nihai kabak dilimlerinin yağ emilim oranları belirlenmiştir. Ayrıca ilgili işlem değişkenlerinin kabak dilimlerinin yağ emilim oranı üzerindeki etkilerini ortaya koyan model geliştirilmiştir. Bu model ve ilgili parametreleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Model terimlerinden birinci dereceden olanlar içerisinde kurutma işlemine ait olan terimler önemsiz ( $p > 0.05$ ), kızartma sıcaklık ve süresi ise önemli ( $p \leq 0.001$ ) bulunmuştur. Modelde birinci dereceden terimler dışında kızartma işlem koşullarının bir birleriyle etkileşimleri de yer almış ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).

Kızartma sıcaklık ve süresi kabak dilimlerinin yağ emilimi üzerinde önemli etkilere sahip oldukları modelden anlaşılmaktadır. Bu nedenle kızartma sıcaklık ve süresi ile

kabak dilimlerinin yağ emilim oranının değişimini gösterir şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 4.9). Şekilde de kızartma sıcaklığı ve süresinin düşük değerlerinde kabak dilimlerinin yağ emiliminin sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Ancak yüksek sıcaklık değerlerine ve uzun kızartma işlemlerine ulaşıldığında yağ emilim oranının kabak dilimlerinde hızla arttığı görülmektedir. Bu noktada kabak dilimlerinin aynı aralıkta nem içeriğindeki değişim dikkate alınmalıdır (Şekil 4.8). Nem değişim şekli de düşük sıcaklık ve sürelerde uygulanan kızartma işlemlerinde yapıdan çıkan nem miktarının sınırlı olduğunu göstermiştir. Bu durum çalışmada yağ emilimi üzerindeki en önemli etkinin kızartma işlemi sırasında bünyeden çıkan su ile ilişkili olduğu düşüncesi doğrulanmaktadır. Ayrıca kızartma işleminde çıkılan yüksek sıcaklık değerleri ürünlerin yapısında da değişimlere neden olmakta ve bu değişimler de yağ emilimini artırıcı etki göstermektedir. Dueik vd. (2010) ve Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında kızartma sıcaklık, süre etkisi ve kızarma işlemi sırasında yüksek sıcaklıkların tetiklediği yapısal değişimlerin yağ emilim oranı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.9. Konveksiyonel kurutma kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin yağ oranının kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (kurutma sıcaklık ve ağırlık kaybı değerleri sırası ile 55°C ve %15 olarak sabit tutulmuştur.)

## Optimizasyon

Çalışmanın temel hedefi olan yağ emilim oranını azaltmaya yönelik olarak konveksiyonel kurutma işlemi kombineli kızartma uygulaması değişkenlerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Burada yağ emilimi ana hedef olarak minimize edilirken bunun yanı sıra kontrol gruplarında en yüksek beğeniye alan direkt kızartma işlemi sonucunda elde edilen kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri ve nem değeri optimizasyon işlemi sırasında hedefler arasında yer almıştır. Kontrol gruplarıyla yapılan denemelerde duyu analizi sonucunda en yüksek beğeniye kazanan uygulama K-21 kodlu kızartma işlemi olmuştur. Bu nedenle bu uygulamadan elde edilen kabak dilimlerinin yukarıda bahsedilen özellikleri yağ emiliminin minimize edilmesinin yanı sıra hedef değerler olmuştur. K-21 kodlu uygulamadan elde edilen kabak dilimlerinin nem, yağ, yüzey renk ve tekstürel özelliklerine ait değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Optimizasyon işlemi sonucunda elde edilen optimum konveksiyonel ön kurutma kombineli kızartma parametre değerleri ve en çok beğeni kazanan K-21 kodlu uygulamaya yönelik karşılık gelen hedef değerlere yaklaşma oranları Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Tüm bileşenler için ortalama hedeflere ulaşma oranı 0.75 üzerinde gerçekleşmiştir. Buna göre optimum kurutma sıcaklığı 48.92°C, ağırlık kaybı %10.65, kızartma sıcaklığı 174.95°C ve kızartma süresi 102.73 saniye olarak bulunmuştur.

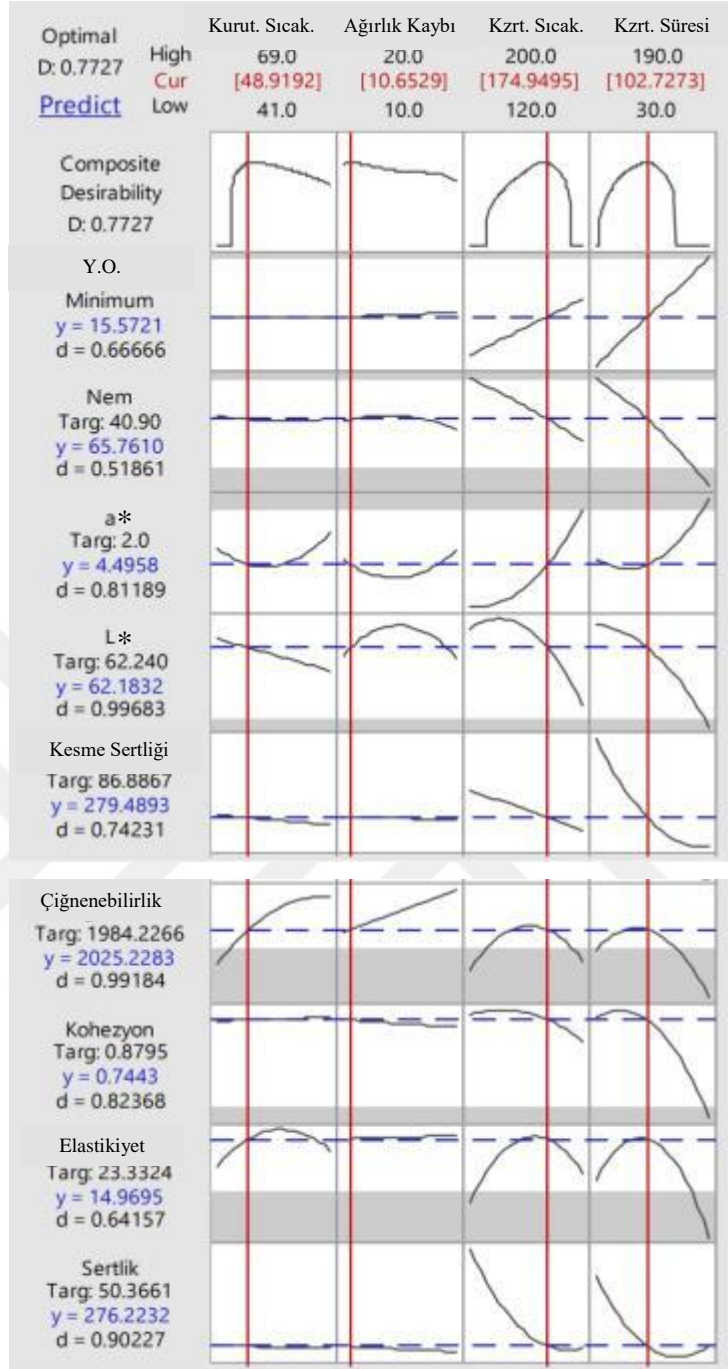
Çizelge 4.11.K-21 kodlu uygulama sonucu elde edilmiş olan kabak dilimlerinin nem, yağ oranları, tekstürel özellikleri, renk değerleri

Ürün Kodu	Nem, %	Yağ, %	Renk Değerleri			Tekstürel Özellikler				Kesme Testi
			L*	a*	b*	TPA				
						Sertlik	Elastiki yet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği
K-21	40.90	34.37	62.24	2.00	25.03	50.37	23.33	0.88	1984.23	86.89

\*Yağ oranı yüzde (%) olarak yağ ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri incelendiğinde çiğnenebilirlik ve sertlik değerlerinde hedefleri yakalama oranı 0.90 üzerinde gerçekleşirken, bu oran kohezyon değerinde 0.82, kesme sertliğinde ise 0.74’e kadar düşmüştür. En düşük oran ise elastikiyet değerinde %64 ile gerçekleşmiştir. Diğer önemli bir kalite kriteri olan renk değerleri için sadece L\* ve a\* değerlerine yönelik hedefler optimizasyonda yer

almıştır. Bunun başlıca nedeni  $b^*$  değeri için tahmin kabiliyeti güçlü bir modelin üretilmemesidir. Yetersiz bir model kullanımının sonuçlar açısından yanlış yönlendirmelere neden olacağı düşünüldüğünden optimizasyon çalışmasında yer verilmemiştir. Diğer renk parametreleri olan  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde ise hedef değerleri yakalama oranları sırası ile 0.99 ve 0.81 olarak hesaplanmıştır. Öte yandan nem değerinde hedef değere yaklaşım oranı 0.52 ile düşük bulunmuştur. Tüm bu sonuçlar ışığında minimize edilen kabak dilimlerinin nihai yağ oranı ise %15.57 olarak hesaplanmıştır. En çok beğeni alan K-21 uygulamasındaki yağ ağırlık üzerinden hesaplanmış olan yağ oranı (%34) dikkate alındığında emilim oranında yaklaşık %50'lik bir azalma sağlanmıştır. Bu da özellikle tüketici sağlığı açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Özellikle kabağın yapısı gereği yağ emilimi azaltılırken buna bağlı olarak arzu edilen tekstürel ve renk özelliklerine ulaşmada belirli düzeyde kalınmıştır. Buradaki temel sorunun özellikle kabak dilimlerinde gerçekleştirilen ön işlem uygulamasının yapıda meydana getirdiği değişimlerin etkili olduğu düşünülmektedir. SEM (scanning electron microscopy) yöntemi ile elde edilmiş olan görüntülerde de kabaklarda yapıda meydana gelen bu değişimler gözlenmektedir.



Şekil 4.10.Kabak dilimlerinin kurutma kızartma kombinasyonunda hedef değerlere ulaşma oranları ve optimum proses koşulları



### 4.3.2 Mikrodalga kurutma

Çalışmada kabak dilimlerinin ön işlem basamağında kurutulması için kullanılan diğer bir yöntem de mikrodalga destekli kurutma işlemidir. Burada kullanılan mikrodalga sistemi genel mikrodalga fırınlardan farklı olarak sıcaklık kontrollüne sahiptir. Kabak dilimlerine bu sistemle ile kontrol grubu ve duyuşsal analiz çalışmalarının ardından örneklere ön kurutma işlemi ve devamında derin daldırma yönteminin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Değişken parametreleri ve deney tasarımı Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri

Değişkenler	Gerçek / Kodlanmış Değişken Değerleri		
Ağırlık Kaybı (%)	10/ -1	15/ 0	20/ 1
Kızartma Sıcaklığı (°C)	140 / -1	160 / 0	180 / 1
Kızartma Süresi (sn)	30 / -1	105 / 0	180 / 1

Çizelge 4.13.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı

Deneme Sırası	Ağırlık Kaybı	Kızartma Sıcaklığı	Kızartma Süresi
1	0	0	0
2	1	1	1
3	1	0	0
4	1	0	1
5	0	-1	1
6	-1	1	0
7	-1	1	1
8	0	-1	-1
9	0	1	0
10	1	1	0
11	0	0	1
12	1	-1	1
13	1	0	-1
14	-1	0	0
15	1	-1	-1
16	-1	0	1
17	1	-1	0
18	0	1	-1
19	0	1	1
20	-1	-1	1

Çizelge 4.13.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonun kodlanmış değerlerle deneysel dizaynı (devam)

21	-1	1	-1
22	1	1	-1
23	0	0	-1
24	-1	-1	0
25	0	-1	0
26	-1	0	-1
27	-1	-1	-1

Deneme tasarımına göre ilgili örneklerde tekstür, renk, yağ, nem değerleri kontrol gruplarındaki gibi belirlenmiştir. Sonuçlar tekstür için Çizelge 4.14’de; renk, nem ve yağ değerleri için Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.14.Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait tekstür analiz sonuçları

Deneme Sırası	Sertlik, g.kuvvet	Kohezyon	Kesme Sertliği, g.kuvvet
1	570.00	0.69	371.60
2	96.90	0.23	206.50
3	163.30	0.91	234.40
4	245.10	0.42	304.90
5	691.80	0.83	168.00
6	288.30	0.36	111.00
7	78.00	0.14	169.7
8	2926.20	0.76	823.90
9	360.00	0.71	444.70
10	130.20	0.64	348.00
11	279.10	0.75	331.10
12	1242.60	0.72	182.10
13	2788.10	0.79	529.50
14	862.00	0.74	240.50
15	3072.00	0.77	980.00
16	160.40	0.65	297.90
17	862.30	0.67	188.40
18	1841.90	0.75	560.40
19	85.50	0.14	107.50
20	524.10	0.46	98.80
21	2500.70	0.81	826.20
22	2593.00	0.81	937.00
23	2159.80	0.80	937.00
24	1565.00	0.77	408.30
25	794.30	0.70	591.00
26	1919.00	0.76	836.10
27	3120.30	0.78	666.80

Çizelge 4.15. Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait renk analiz, %nem ve %yağ oranları

Deneme Sırası	L*	a*	b*	Nem (%)	Yağ (%)*
1	71.59	-1.40	32.56	74.76	9.65
2	38.77	12.16	17.68	22.72	47.61
3	67.22	6.24	33.07	60.02	16.00
4	57.68	12.10	26.45	37.87	27.24
5	74.58	-1.65	27.90	77.59	7.92
6	60.01	7.40	29.32	63.85	12.87
7	40.71	15.98	17.50	33.93	39.22
8	69.68	-2.97	22.68	84.70	5.55
9	54.39	11.92	28.29	64.99	11.08
10	51.91	11.50	22.55	49.04	20.53
11	64.24	6.92	29.94	62.99	14.29
12	70.84	-0.66	33.51	74.88	7.62
13	71.03	-2.44	25.62	87.08	2.77
14	67.31	0.95	28.97	75.50	7.20
15	68.17	-3.62	24.46	89.50	2.23
16	58.09	8.93	28.10	57.54	14.70
17	69.01	-1.45	28.77	78.90	5.37
18	66.10	-1.58	26.87	85.74	4.08
19	49.32	13.16	22.68	32.47	34.42
20	70.43	2.20	29.59	66.34	10.67
21	71.51	-2.06	22.79	80.70	4.00
22	71.59	0.04	27.06	86.14	2.64
23	73.29	-2.18	27.04	85.73	4.00
24	73.25	-2.97	28.44	84.70	3.85
25	70.34	-1.05	32.98	74.56	6.72
26	66.74	-2.06	27.16	88.32	2.40
27	67.32	-2.99	22.56	93.84	1.85

\* Yağ oranı yüzde (%) olarak yağ ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Proses parametrelerinin optimizasyonu için regresyon analizi yapılarak yanıt yüzey yöntemiyle çalışma konusu kızartılmış ürün özelliklerinin (nem oranı, yağ oranı, renk değerleri L\*, a\*, b\*, ve tekstürel özelliklerden sertlik, kohezyon ve kesme sertliği) proses parametrelerine (mikrodalga fırın içerisinde ağırlık kaybı, kızartma ünitesindeki yağın sıcaklığı ve kızartma süresi) bağlı fonksiyonları elde edilmiştir. İlgili modellerin katsayıları, parametrelere ait model terimlerinin istatistiksel önemi ve modelin genel performans değerleri Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.16.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	Sertlik, g.kuvvet		Kohezyon		Kesme Sertliği, g.kuvvet	
	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri
İntersept	23845	***	-6.90	***	1203	***
AK	-184	ns	0.00558	ns	2.84	ns
KzSc	-218	***	0.0930	***	-1.10	ns
KzSr	-45.85	***	0.01182	***	-10.28	***
AK*AK	6.21	ns	-		-	
KzSc*KzSc	0.622	*	-0.000279	*	-	
KzSr*KzSr	0.1495	***	-		0.0305	**
KzSc*KzSr	-		-0.000086	***	-	
Regresyon	***		***		***	
R <sup>2</sup>	94.7		75.3		79.5	
R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	93.0		69.4		75.8	

\*,  $p \leq 0.05$ ; \*\*,  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*,  $p \leq 0.001$ , ns: istatistiksel olarak önemsiz

AK: Ağırlık Kaybı (%), KzSc: Kızartma Sıcaklığı (°C), KzSr: Kızartma Süresi (saniye)

Çizelge 4.17.Kızartılmış ürün renk değerlerinin, nem ve yağ oranlarının proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	L*		a*		b*		%Nem		%Y.O.	
	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri
İntersept	-152.5	***	-9.47	***	-197.7	***	88.4	***	25.0	***
AK	-0.102	ns	0.094	ns	1.94	ns	-0.651	*	0.392	ns
KzSc	2.68	***	0.0257	***	2.453	***	0.096	***	-0.2018	***
KzSr	0.735	***	-0.2491	***	0.5081	ns	0.782	***	-0.706	***
AK*AK	-		-		-0.0628	ns	-		-	
KzSc*KzSc	-0.00784	*	-		-0.00725	**	-		-	
KzSr*KzSr	-		-		-0.000694	***	-		-	
KzSc*KzSr	-0.005060	***	0.001969	***	-0.002231	***	0.00635	***	0.005220	***
Regresyon	***		***		***		***		***	
R <sup>2</sup>	90.9		88.9		80.1		92.4		89.5	
R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	88.7		86.9		72.8		91.0		87.6	

\*,  $p \leq 0.05$ ; \*\*,  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*,  $p \leq 0.001$ , ns: istatistiksel olarak önemsiz

AK: Ağırlık Kaybı (%), KzSc: Kızartma Sıcaklığı (°C), KzSr: Kızartma Süresi (saniye)

Nem: Yüzdece (%) nem oranı; Y.O.: Yüzdece (%) yağ ağırlık üzerinden yağ oranı

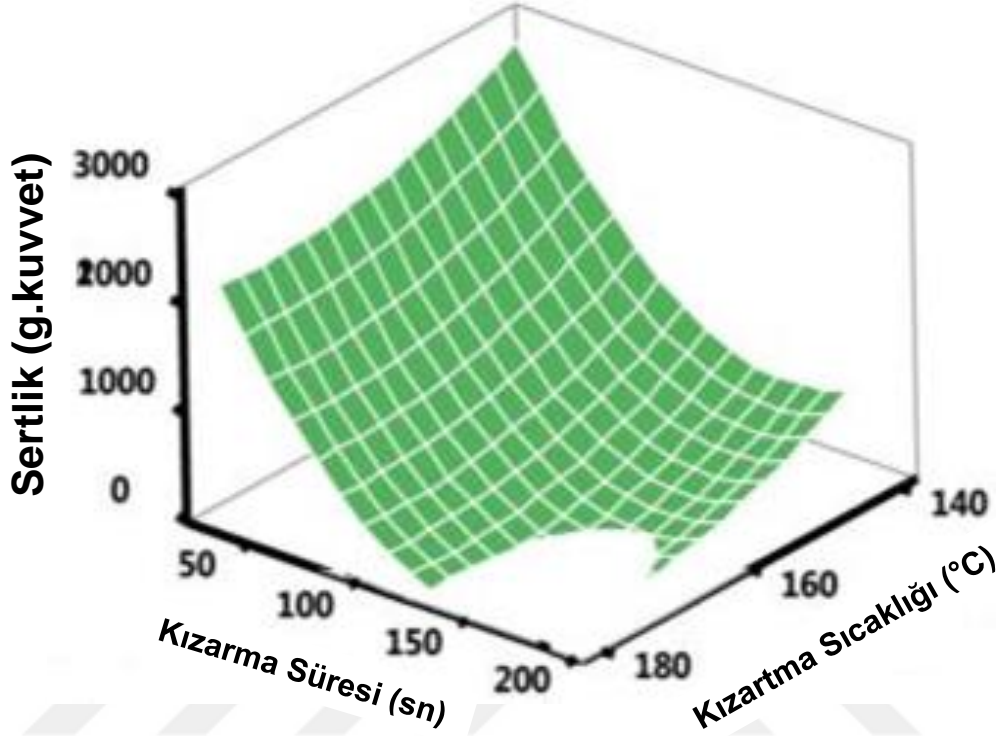
Mikrodalga destekli ön kurutma kombineli kızartma işleminin kabak dilimlerinin yağ, nem, yüzey renk değerleri ve tekstürel özellikler (sertlik, kohezyon, kesme sertliği) açısından optimizasyonuna yönelik olarak uygulama parametrelerinin etkilerini gösterir modeller yanıt yüzey yöntemi ile elde edilmiştir. İlgili modeller, model terimlerinin önem dereceleri ve model performans parametreleri Çizelge 4.16 ve Çizelge 3.1’de verilmiştir. Model eşitliklerinde birinci ve ikinci dereceden terimlere ek olarak kızartma işlem koşullarının birbirleriyle etkileşimi de yer almıştır. Her bir yanıt için regresyon analizinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca elde edilen modellerin tahmin performansları da değerlendirilmiştir. Tüm yanıtlarda tahmin performansı %70 üzerinde bulunmuştur.

### **Sertlik**

Mikrodalga destekli kızartma işleminin bağımsız değişkenlerinin kabak dilimlerinin sertlik değerleri üzerinde etkisini gösterir model elde edilmiş, modelle ait terimlerin önem dereceleri Çizelge 4.16’ da sunulmuştur. Model içerisinde tüm bağımsız değişkenlerin birinci ve ikinci dereceden terimleri yer almıştır. Ancak kızartma işlem koşulları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). Kızartma işlem değişkenlerinin birbiriyle etkileşimi ise model de yer almamıştır.

Şekil 4.11’de kabak dilimlerinin mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işlem koşullarının sertlik değeri üzerindeki etkisi görülmektedir. Kızartma sıcaklığındaki artış kabak örneklerinin sertlik değerini azaltırken, benzer durum kızartma işlem süresinde de görülmüştür. Ancak kızartma işleminin uzamasının sertlik değerini azaltıcı etkisi sıcaklığına göre daha baskın bulunmuştur. Öte yandan düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen kızartma işleminde süredeki artışla birlikte meydana gelen azalma, devamında kısmen bir artışla sonlanmıştır (Şekil 4.11). Kızartma işleminin kabak dilimlerinin sertlik değerini azaltıcı etkisi ürünün bünyesinden uzaklaşan su ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yapıdan suyun uzaklaşması ile kızartılmış dilimler gevreklik kazanmış, buna paralel olarak sertlik değeri önemli düzeyde düşmüştür. Benzer ilişkiler Dueik vd. (2010) çalışmasında kurutma işlemi kombineli kızartma uygulamasını havuç cipslerinde çalışmışlardır. Çalışmalarında kızartma süresi ile sertlik değeri arasında ters bir ilişki olduğu rapor edilmiştir. Yine bu çalışmada uzun kızartma sürelerinde sertlik değerinde kabuk oluşumuna bağlı

olarak artış olduğu belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada da Shyu ve Hwang (2001) elmalarda kızartma süresi ve sıcaklığının ürünlerin sertliğini azaltıcı yönde etkileri olduğunu söylemişlerdir. Bu etkinin yapıdan uzaklaşan su ile gevreklikteki artışın bir sonucu olduğu belirtilmiştir.

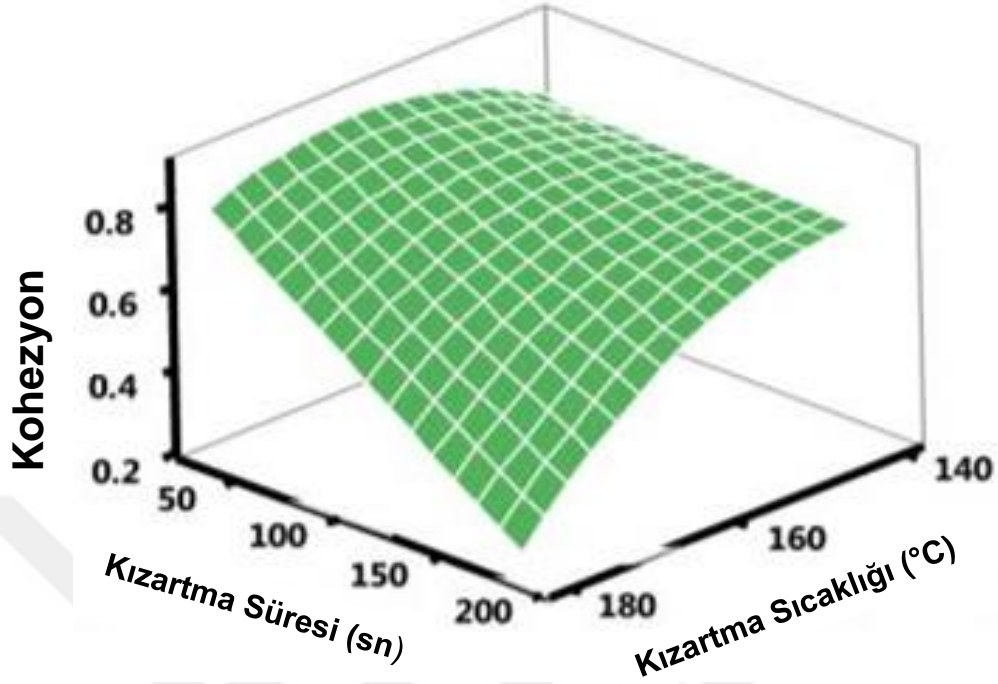


Şekil 4.11. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin sertlik değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

### Kohezyon

Çizelge 4.16 kabak dilimlerinin mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma uygulaması sonrası kohezyon değerleri ile işlem koşulları arası ilişkiyi ortaya koyan model ve model terimlerinin önem düzeylerini göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere model içerisinde kurutma işleminin tek değişkeni olan ağırlık kaybı yer almış ancak istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kurutma işleminin ardından uygulanan kızartma işlemine ait her iki değişkende model içerisinde birinci dereceden terimler olarak yer almıştır. Bu terimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Kohezyon değişimini veren model içerisinde ikinci dereceden sadece kızartma sıcaklığına ait bir terim yer almıştır. Bu terim de önemli bulunmuştur

( $p \leq 0.05$ ). Son olarak kızartma işlem koşullarının birbirleriyle etkileşimlerini etkisini gösteren terimde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).



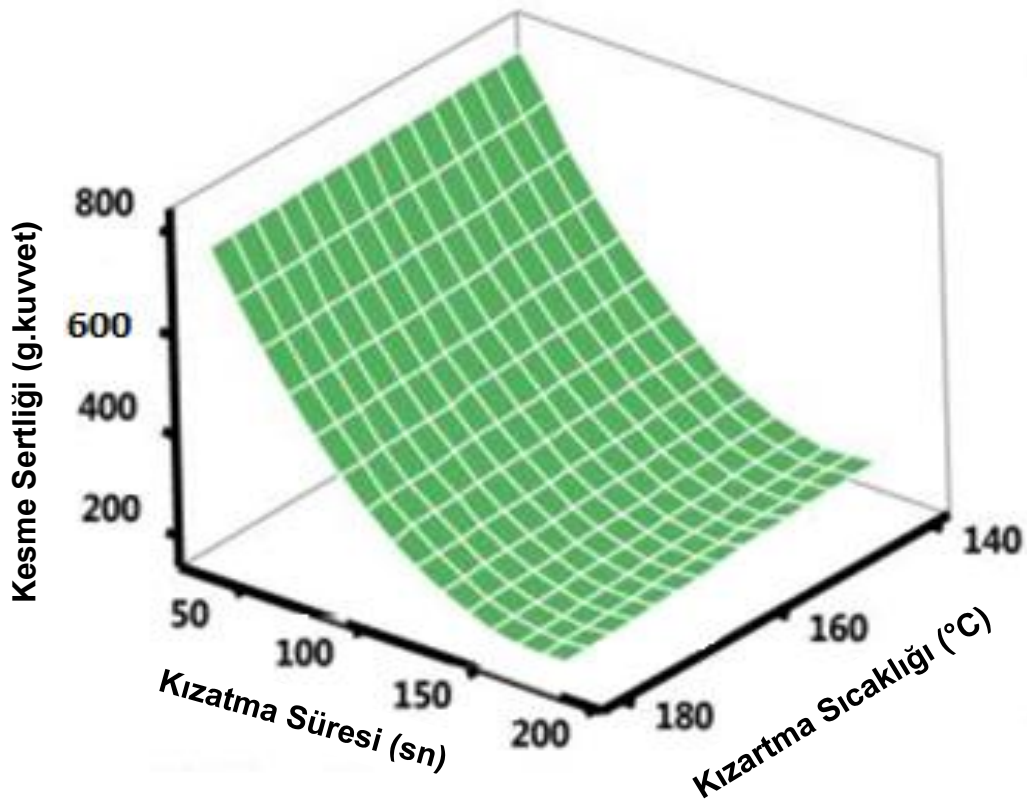
Şekil 4.12. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kohezyon değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Şekil 4.12. kabak dilimlerinin kohezyon değerleri ile kızartma işlem koşulları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Hem kızartma sıcaklığı hem de kızartma süresinin kohezyon değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde özellikle düşük sıcaklık değerinde süredeki değişimin ve düşük kızartma sürelerinde sıcaklıktaki değişimin kabak dilimlerinin kohezyon değerleri üzerindeki etkisi sınırlıdır. Ancak yüksek kızartma sıcaklık ve süre değerlerine çıkıldığında diğer parametrenin etkisi de belirginleşmiştir. Bu da model içerisinde de önemli bulunan kızartma işlem koşulları arasındaki istatistiksel olarak önemli olan etkileşim terimini doğrular niteliktedir. Kohezyon değeri kızartma sıcaklık ve süresindeki artışa bağlı olarak önemli oranda azalmıştır. Bu durumun yapıdan uzaklaşan su oranı ile alakalı olduğu düşünülmektedir. Çünkü kohezyon tekstür profil analizinde (TPA) ikinci baskı pozitif alanının birinciye oranı olarak tanımlanmıştır ve suyun yapıdan uzaklaşması ile birinci baskı sonrası kabak diliminin kendini toparlayarak boyut olarak eski durumuna gelme becerisi azalmaktadır. Diğer bir ifade ile kohezyon değeri düşmektedir.

## Kesme Sertliği

Kabak dilimlerinin kesme sertliği değerlerinin uygulama değişkenleriyle ilişkisinin değerlendirildiği regresyon analizi ve sonucunda elde edilen model istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16). Ayrıca model içi terimler incelendiğinde birinci ve ikinci dereceden kıztartma süresi terimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.01$ ). Kıztartma sıcaklığı ve kurutma işlemindeki ağırlık kaybı oranı ise önemsizdir ( $p > 0.05$ ).

şekil 4.13 kabak dilimlerinin kesme sertliği değerlerinin kıztartma işlem koşullarının etkisi altında değişimini göstermektedir. Elde edilen model değerlendirildiğinde de sadece kıztartma süresinin önemli olduğu belirtilmiştir. Buna bağlı olarak çizilen şekil 4.13'de de yer alan kıztartma süresi etkinken, diğer değişken olan kıztartma sıcaklığının kesme sertliği değerini değiştirmediği görölmüştür.



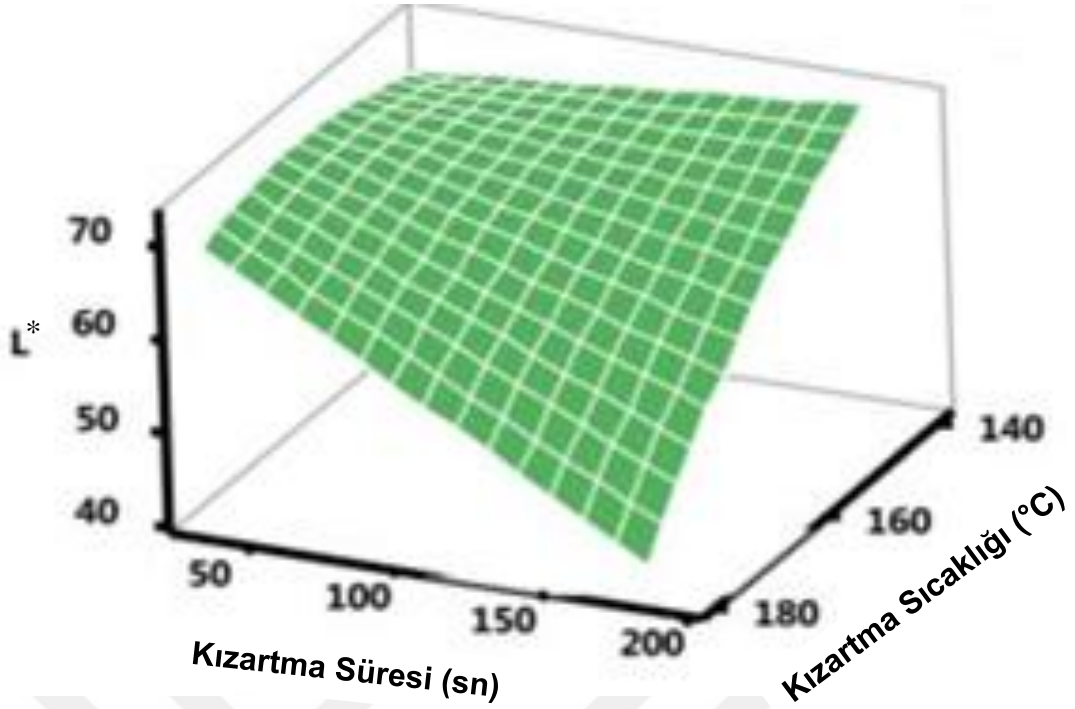
şekil 4.13 Mikrodalga kombineli kıztartma işleminde kabak dilimlerinin kesme sertliği değerinin kıztartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)



## L\* değeri

Yüzey renk değerleri yukarıda da değinildiği üzere ürün değerlendirmesinde tüketiciler için önemli kalite kriterleridir. Bunlardan ilki de yüzey parlaklığı hakkında bilgi veren L\* değeridir. Kızartılmış kabak dilimlerinin L\* değerlerinin uygulamadaki değişkenlerle ilişkisini ortaya koyan model ve ilgili parametreler Şekil 4.14'de verilmiştir. Üretilmiş olan modelde birinci dereceden kızartma işleminde sıcaklık ve süre önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Buna ek olarak kızartma sıcaklık ve süresi arasındaki etkileşimde önemlidir ( $p \leq 0.001$ ). Fakat birinci dereceden kurutma işleminde ağırlık kaybı önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Kabak dilimlerinin yüzey renk değeri L\*'nin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Kızartma sıcaklık ve süresinin ve bunların etkileşimlerinin kabak dilimlerinin L\* değeri üzerindeki etkisi net olarak görülmektedir (Şekil 4.14). Düşük sıcaklık ve süre değerlerinde diğer değişkendeki değişim L\* değerinde önemli bir etki oluşturmamaktadır. Ancak yüksek değerlere çıkıldığında kızartma sıcaklığı ve süresinin etkinliği de belirginleşmektedir. Burada temel etkinin yapıdan uzaklaşan su miktarı ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olduğu düşünülmektedir. Bir çalışmada Sahin (2000) kızartma süresi ile kızartılmış ürün yüzey parlaklık değeri arasında ters bir ilişki olduğunu rapor etmiştir. Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında elmaların atmosfere basınç altında kızartılması sırasında kızartma süresi ve sıcaklığına bağlı olarak L\* değerinin düştüğünü belirtmişler ve bunun temel nedeninin de enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olduğunu rapor etmişlerdir.

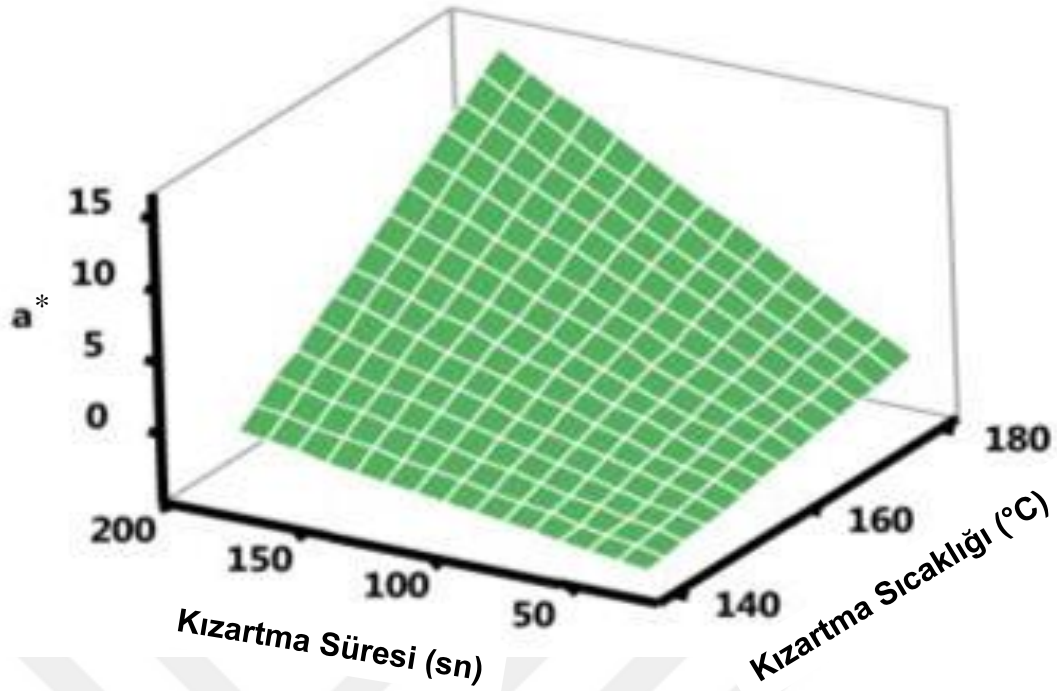


Şekil 4.14. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin L\* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

#### a\* ve b\* Değerleri

a\* ve b\* değerleri ürünlerin yüzey renklerinin belirlenmesinde kullanılan diğer renk parametreleridir. a\* ve b\* sırası ile yeşilden (-a)\* kırmızıya (+a)\* ve maviden (-b)\* sarıya (+b)\* renk değişimini ifade etmektedir. Kabak dilimlerinin yüzey rengini belirlemek için kullanılan parametrelerden olan a\* ve b\* değerlerinin uygulanan kombine kurutma kızartma işlem koşullarına bağlı değişimi incelenmiş, değişkenlere bağlı modelleri oluşturulmuştur. Model ve ilgili parametreler Çizelge 4.17'de sunulmuştur. Renk değerlerinde a\* için geliştirilmiş olan model incelendiğinde kızartma işlem koşullarının birinci dereceden terimlerinin ve birbirleriyle etkileşimlerinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Kızartma işlem koşullarının a\* değeri üzerindeki etkisini gösterir şekil çizilmiştir (Şekil 4.15). Kısa kızartma sürelerinde kızartma sıcaklığının a\* değeri üzerindeki etkisi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Benzer şekilde a\* değerinin süre ile değişimi de ancak yüksek kızartma sıcaklık değerlerine ulaşıldığında belirginleşmektedir. Yüksek sıcaklıklara ve uzun işlem sürelerine doğru kabak dilimlerinin a\* değerleri artmıştır.

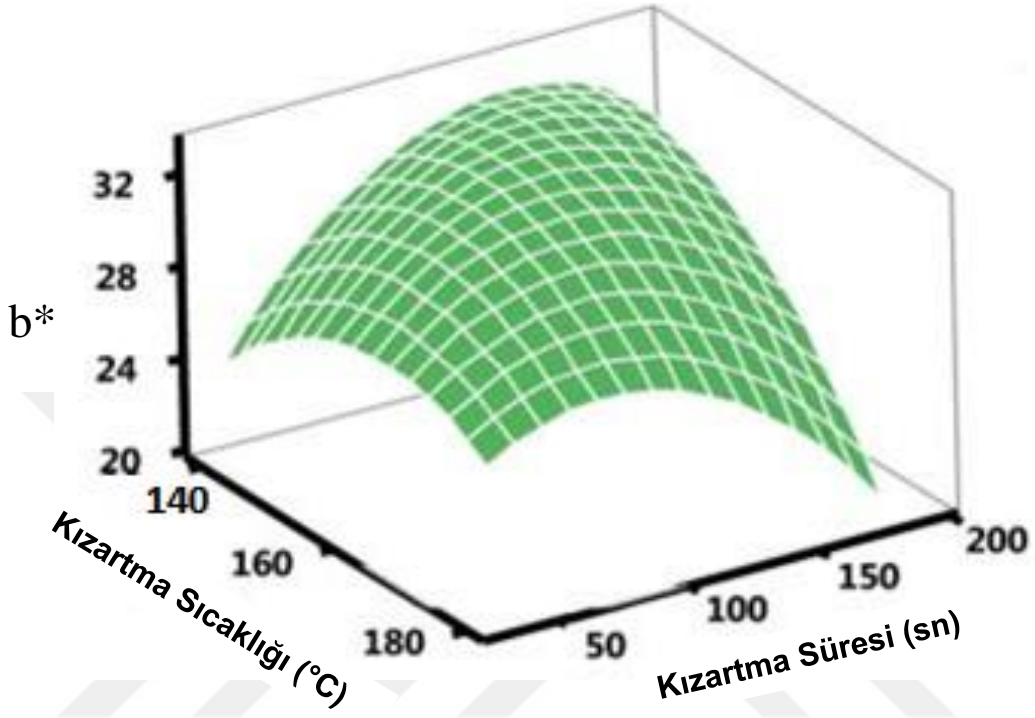


Şekil 4.15. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin a\* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Burada kızartma sıcaklık ve süresinin a\* değerini artırıcı etkisinde birincil neden kabak dilimlerinde şiddeti uygulamanın koşul değerlerine bağlı olarak değişmekle birlikte yanma ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır. Dilimlerde yanma ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu geliştikçe a\* değerinde negatiften pozitif doğru belirgin bir artış olmuştur. Shyu ve Hwang (2001) ve Richardson ve Hyslop (1985) çalışmalarında kızartma işlemi sonucunda a\* değerindeki artışın enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında a\* değerinin negatif değerden pozitive doğru kızartma işlem koşulları, sıcaklık ve süre ile birlikte artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kabak dilimlerinin yüzey renk değerlerini belirleyen diğer bir parametrede b\* değeridir. İstatistiksel analizde elde edilen ve b\* değerinin uygulama koşullarına bağlı değişimini gösteren model ve performans parametreleri Çizelge 4.17'de sunulmuştur. İlgili çizelge incelendiğinde birinci dereceden sadece kızartma sıcaklığı önemli bulunmuşken ( $p \leq 0.001$ ) diğer değişkenler önemsiz çıkmıştır ( $p > 0.05$ ). Model ikinci dereceden terimlerinde ise kızartma sıcaklığı ve süresi, aynı zamanda bu iki işlem

parametresinin etkileşimi de önemlidir ( $p \leq 0.01$ ). Kurutma işleminin değişkeni olan ağırlık kaybı ise tüm seviyelerde önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Bu sonuçlara göre kabak dilimlerinin kızartma işlem parametrelerine bağlı değişimini gösteren şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 4.16).

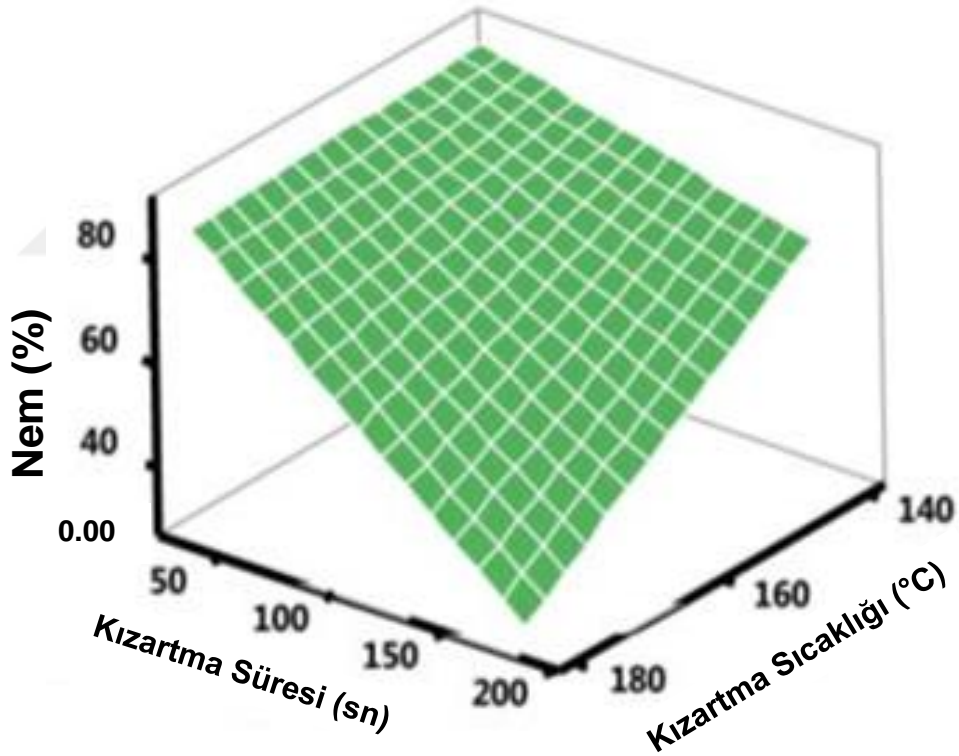


Şekil 4.16. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin b\* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Şekil 4.16’da görüldüğü üzere düşük sıcaklık değerlerinde kızartma süresindeki artışla birlikte b\* değerinde de önemli düzeyde artış gözlenmiştir. Ancak daha yüksek kızartma sıcaklık değerindeki uygulamalarda süredeki artışla birlikte b\* değerinde gözlemlenen artış daha düşük düzeyde gerçekleşmiş ve en yüksek değerine ulaştıktan sonra daha uzun süreli işlemlerde tekrar azalma eğilimine geçmiştir. Burada gözlenen b\* renk değerindeki artışın başlıca nedeninin kızartma işlem süresi ile birlikte yapıdan uzaklaşan su oranına bağlı olarak renkteki yoğunlaşma olduğu düşünülmektedir. Daha yüksek sıcaklık değerlerinde ise bunun daha düşük oranda ve belirli bir süre için gerçekleşmesinde ise devamında yapıda meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda renk değerlerindeki değişimin rol oynamaktadır.

## Nem

Nem kızartılmış ürünlerde özellikle tekstürel yapı üzerinde ve nihai ürün yağ oranı üzerindeki etkileri nedeniyle büyük öneme sahiptir. Bu nedenle kızartma uygulamalarında önemle üzerinde durulması gereken bir değişken konumundadır. Çalışmamızda da kabak dilimlerinin nem değerleri kızartma işlemi sonrasında ölçülmüş, işlem parametrelerine bağlı değişimini ifade eden bir eşitlik geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu eşitlik ve tahmin performans değerleri Çizelge 4.17’de özetlenmiştir. Geliştirilmiş olan modelde mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işleminde yer alan tüm bağımsız değişkenler istatistiksel olarak birinci dereceden terimler de önemli bulunmuşlardır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca kızartma işlem koşulları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).



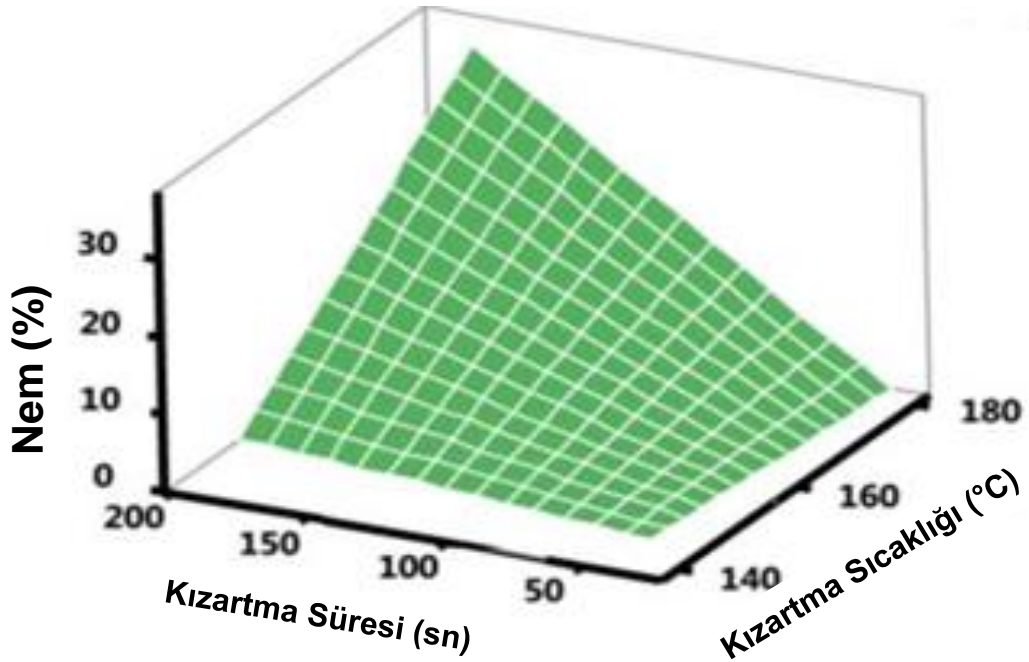
Şekil 4.17. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin nem değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Sıcaklık ve süre ile kabak dilimlerinin nem değeri arasındaki ters ilişki açık şekilde yukarıda da görülmektedir (Şekil 4.17). Öte yandan Şekil 4.17 kızartma sıcaklık ve süresi arasındaki etkileşimli etkiyi de ortaya koymaktadır.

## Yağ

Kabak dilimlerinin burada uygulanan mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işlemine bağlı yağ absorpsiyon oranının değişimi Çizelge 4.17'deki ilgili model ile ifade edilmiştir. Çizelgedeki modele ait terimler incelendiğinde birinci dereceden sadece kızartma sıcaklık ve süresi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Kızartma işleminin değişkenlerinin birbirleriyle etkileşimlerinin sonucunda meydana gelen yağ oranındaki değişimi ifade eden terimde yine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).

Şekil 4.18 kabak dilimlerinin yağ içeriğinin kızartma işlem koşullarına bağlı değişimini göstermektedir. Kızartma işleminin düşük sıcaklık ve sürelerdeki uygulamaları yağ oranı açısından en düşük değere sahip kabak dilimleri elde edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu durumda çalışmada ifade ettiğimiz ve yağ emilimini kontrol eden temel faktörlerden birisi olan yağ su oranları arası ilişkiyi doğrulamaktadır. Diğer bir ifade ile kabak dilimlerinin nem yağ içerikleri arasındaki ilişki Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 bir arada incelendiğinde de görülmektedir. Literatürde de benzer sonuçlar ifade edilmiştir.



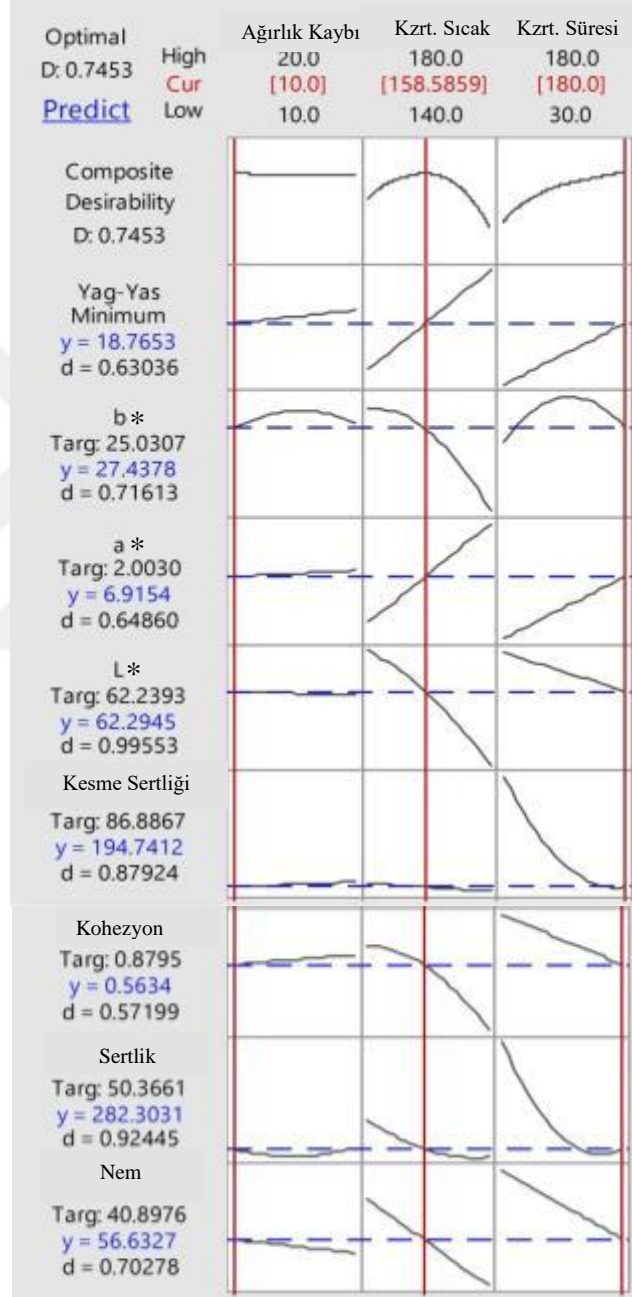
Şekil 4.18. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin yağ değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur).

Song vd. (2007) çalışmalarında nem değerindeki azalmaya paralel olarak yağ değerinde bir artış tespit etmişlerdir. Kızartma süresi ile meydana gelen bu artışın nem yağ ilişkisi ile açıklanabileceğini rapor etmişlerdir. Dueik vd. (2010) ve Mariscal ve Bouchon (2008) çalışmalarında kızartma sıcaklık, süre etkisi ve kızartma işlemi sırasında yüksek sıcaklıkların tetiklediği yapısal değişimlerin yağ emilim oranı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

## **Optimizasyon**

Çalışmada kabak dilimlerinin kızartılmasında kullanılan diğer bir ön işlem uygulaması mikrodalga destekli kurutmadır. Yine optimizasyon çalışmasında mikrodalga destekli ön kurutma kombineli kızartma işlemi de daha önceden belirlenmiş olan hedef tekstür, renk ve nem değerlerine göre optimize edilmiştir. Bu değerlerin yanı sıra yağ emilim oranının da azaltılması amaçlanmıştır. Kabak dilimlerinin direkt kızartılması sonucunda en çok beğeni kazanan uygulamaya ait kızarmış ürünlerin tekstürel özelliklerine, yüzey renk parametrelerine ve nem, yağ oranlarına ait değerler Çizelge 4.11’de sunulmuştur. Tekstür açısından sertlik, elastikiyet, kohezyon, çiğnenebilirlik ve kesme sertliği, yüzey rengi için  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri, yapının nem oranı ve bunlarla eş zamanlı olarak yağ emilim oranı optimize edilmiş, uygulama değişkenlerinin optimum değerleri ve hedef değerlere ulaşma oranları Şekil 4.19’da gösterilmiştir. Mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işleminin optimum koşulları mikrodalga fırında kurutma sırasındaki ağırlık kaybı, devamındaki kızartma işlemi için sıcaklık ve süre için sırası ile %10, 158.59°C ve 180 saniye olarak belirlenmiştir. Bu koşullar altında gerçekleştirilecek olan uygulama ile üretilen kızarmış kabak dilimlerinin hedef değerler açısından beklentileri karşılaşama oranı genel ortalama olarak 0.75 bulunmuştur. Hedef değerler tek başlarına incelendiğinde en yüksek başarı renk parametresi  $L$  ( $>0.99$ ), tekstürel özellikler olan sertlik (0.92) ve kesme sertliği (0.88) için bulunmuştur. En düşük hedef değeri karşılaşama oranı ise 0.57 ile kohezyon için gerçekleşmiştir. Yağ emilim oranı incelendiğinde mikrodalga destekli sistemle gerçekleştirilen ön kurutma kombine kızartma işleminde nihai ürünün yağ oranı yağ ağırlıkta %18.77 olarak hesaplanmıştır. Bu en çok beğeni alan kabak dilimlerinin yağ ağırlıkça belirlenmiş olan yağ oranına (%34) göre yağ emiliminde önemli bir azalma elde edilmiştir. Ancak bu noktada dikkat edildiğinde konveksiyonel kurutmada elde edilen yağ oranına göre daha yüksek emilim

gerçekleşmiştir. Bunun başlıca nedeninin daha önceden de ön görüldüğü üzere mikrodalga teknolojisinin kurutma sırasındaki etkisidir. Mikrodalga ile kabak diliminde tüm hacimce bir ısınma ve beraberinde bir kuruma gerçekleşmekte, yapı daha gözenekli olmaktadır. Kurutma devamında gerçekleştirilen kızartma işleminde yapının bu gözenekli halinden dolayı yağ emilimi konveksiyonel kurutucuda kurutulan kabak dilimlerine göre kısmen fazla gerçekleşmektedir.



Şekil 4.19.Kabak dilimlerinin mikrodalga kurutma kızartma kombinasyonunda hedef değerlere ulaşma oranları ve optimum proses koşulları



#### 4.4 Depolama

Çalışmanın temel amacı olan ön kurutma işlemleri sonrası derin daldırma yöntemi kullanılarak kızartma işleminde yağ emiliminin azaltılması amacıyla gerçekleştirilen optimizasyon çalışmaları sonucunda belirlenmiş olan optimum ön kurutma ve devamında derin daldırma yöntemi parametreleri kullanılarak kabak dilimlerinde depolama çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla konveksiyonel fırında kurutma ve mikrodalga fırında kurutma ön kurutma işlemleri için dilim kalınlıkları belirli kabaklar optimum şartlarda oranlarda kurutulmuştur. Örnekler nem ve oksijen geçirgenliği düşük ambalajlar içerisinde vakum altında (Vacuum Packaging Machine, DZ-350/MS, ÇİN) paketlenmiştir. Kısmi kurutulmuş kabak dilimleri hem oda şartlarında hem de buzdolabında 6 aylık periyotta depolanmıştır. Ancak ilgili çalışma sonucunda elde edilen ön kurutma bu şekilde depolama için yetersiz bulunmuş, depolanmış kabak dilimlerinden oda şartlarında depolanmaların ambalajlarında 3. gün ile 7. gün arasında mikrobiyel gelişim sonucu gaz oluşumuna bağlı şişme gözlenmiştir. Benzer durum ilk ayı tamamlamadan buzdolabındaki örneklerde de gözlenmiştir. Bu nedenle kabak dilimleri haşlama işlemini takiben kükürt çözültisi içerisinde kükürtleme işlemine tabi tutulmuş, devamında konveksiyonel fırın ve mikrodalga fırın için optimize edilmiş kurutma şartlarında örnekler kısmi kurutmaya tabi tutulmuştur. Kısmi kurutma yapılmış örnekler yine vakum altında ambalajlanmış, buzdolabında 4°C'de depolanmıştır. Depolanmış örneklerden 0. aydan başlamak üzere her ay yeterli sayıda ambalaj açılarak optimum şartlarda derin daldırma yöntemi ile kızartılmıştır. Kızarmış kabak dilimlerinde kuru madde, nem ve yağ içerikleri belirlenmiştir. Çalışma boyunca ambalajların hiç birisinde gaz üretimi, ambalajda bombaj gözlenmemiştir. Ancak hedeflenen 6 aylık periyotta depolama gerçekleştirilememiştir. Bunun temel nedeni depolanmış kabak dilimlerinin tekstürel yapılarının bozulması, dilimlerde parçalanma meydana gelmesidir. Diğer bir ifade ile örnekler kızartma işlemine alınamamıştır.

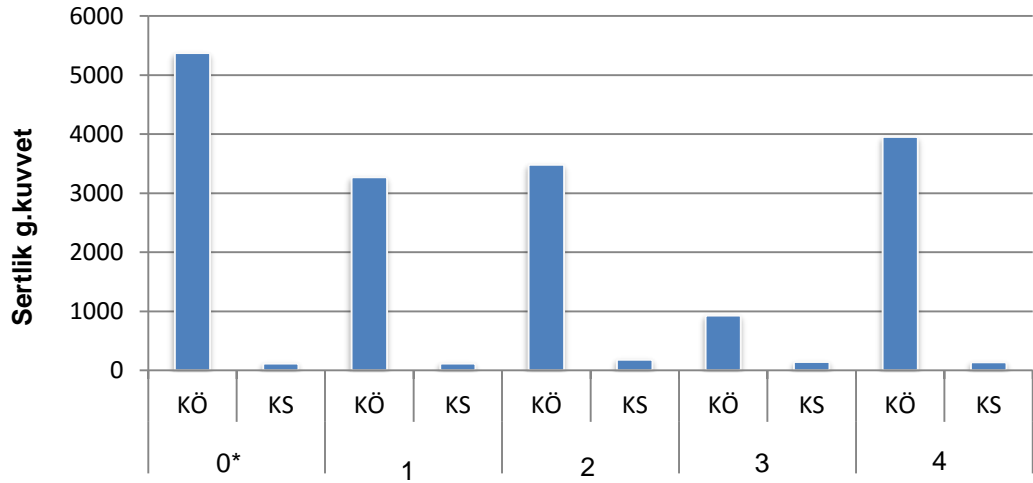
#### 4.4.1 Tekstür

Kabak dilimleri iki farklı ön kurutma işlemi ile daha önceden optimize edilmiş olan işlem parametrelerinde kurutulmuş, devamında depolanmıştır. Depolanan örneklerde sertlik, elastikiyet, kohezyon, çiğnenebilirlik ve kesme sertliği değerleri ölçülmüştür. Aynı zamanda depolamanın belli dönemlerinde kabak örneklerini içeren ambalajlar açılmış ve yine optimize edilmiş olan işlem parametrelerinde kızartılmıştır. Bu sayede kızartma işleminin de tekstürel özellikler üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

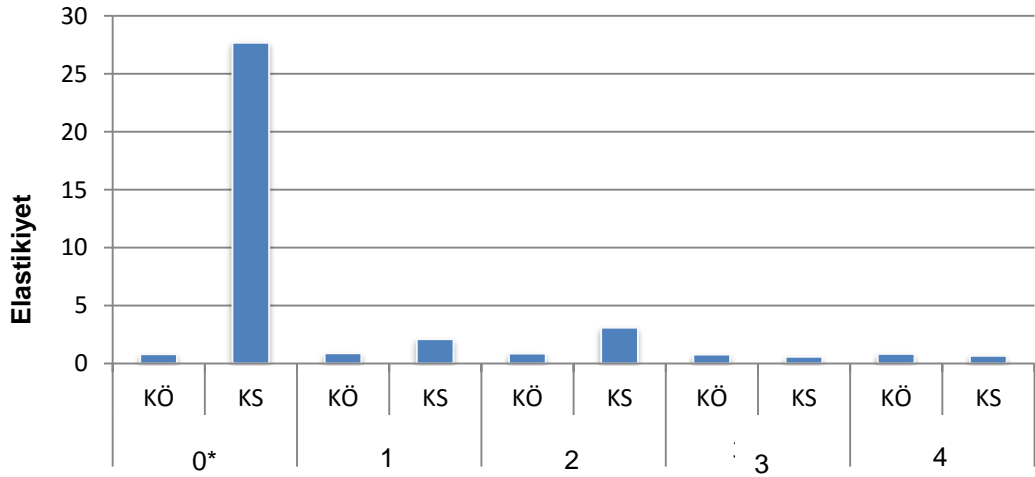
Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak örneklerinin tekstürel özelliklerindeki depolama ve kızartma işlemi ile değişimleri sertlik için Şekil 4.20’de, elastikiyet için Şekil 4.21’de, kohezyon için Şekil 4.22’de, çiğnenebilirlik için Şekil 4.23’de ve son özellik olan kesme sertliği için Şekil 4.24’de gösterilmiştir.

Kabakların sertlik değerlerinde depolama ile ilk aydan itibaren belirgin bir azalma olmuştur. Kızartma işleminin etkisi ise tüm ay örneklerinde çok şiddetli olmuş, sertlik değerleri önemli düzeyde düşmüştür. Bunda etkili olan temel neden yapısal olarak zayıf olan kabakların depolama ile yapısal olarak daha da zayıflamaları ve kızartma işleminde hızla su kaybederek kırılgan ve gevrek bir hal almalarıdır.

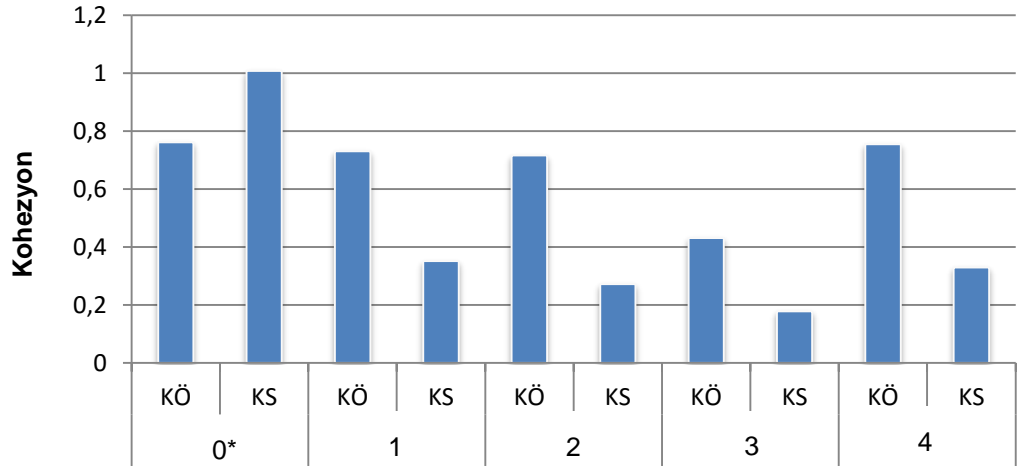
Elastikiyet değerleri incelendiğinde ise kabak örneklerinde belirgin bir değişimden bahsedilememektedir. Sadece 0. ayda kızartma işlemi ile bir artış olmakla birlikte diğer aylarda önemli bir fark gözlenmemiştir. Kohezyon değerlerinde de aylara bağlı genel bir azalma gözlenmiştir. Kızartma işleminin kohezyon değeri üzerinde etkisi ise genelde azalma yönünde olmuş, sadece 0. ay örneklerinde kızartılmış kabakların kohezyon değerleri artmıştır. Çiğnenebilirlik değerleri de incelendiğinde depolama ile önemli oranda düştüğü tespit edilmiştir. Yine kızartma işleminin çiğnenebilirlik değeri üzerindeki etkisine bakıldığında 0. ay dışında hep azalma olduğu belirlenmiştir.



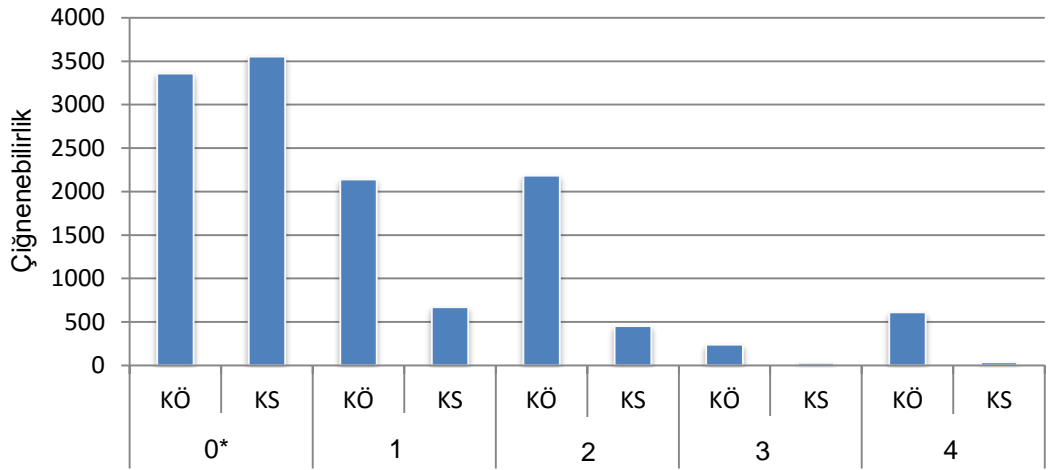
Şekil 4.20. Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre sertlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



Şekil 4.21. Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre elastikiyet değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)

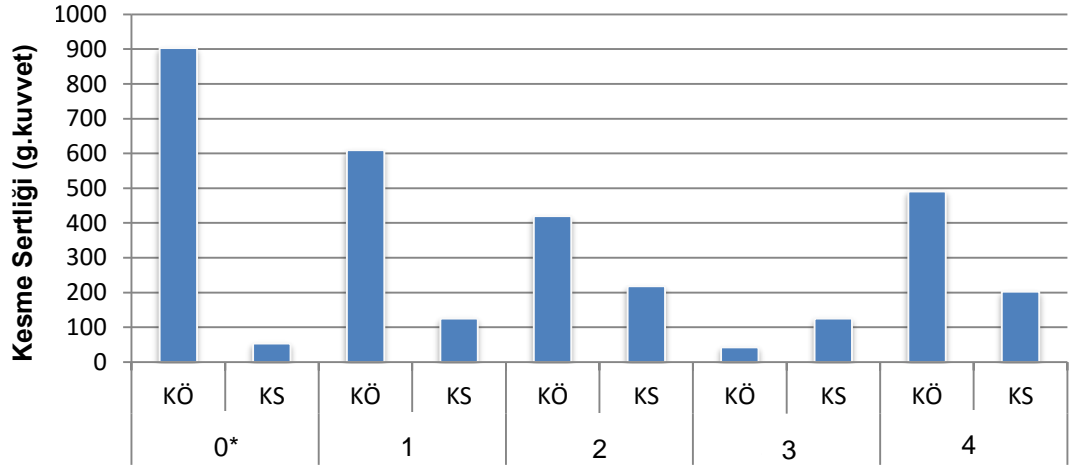


Şekil 4.22. Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kohezyon değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



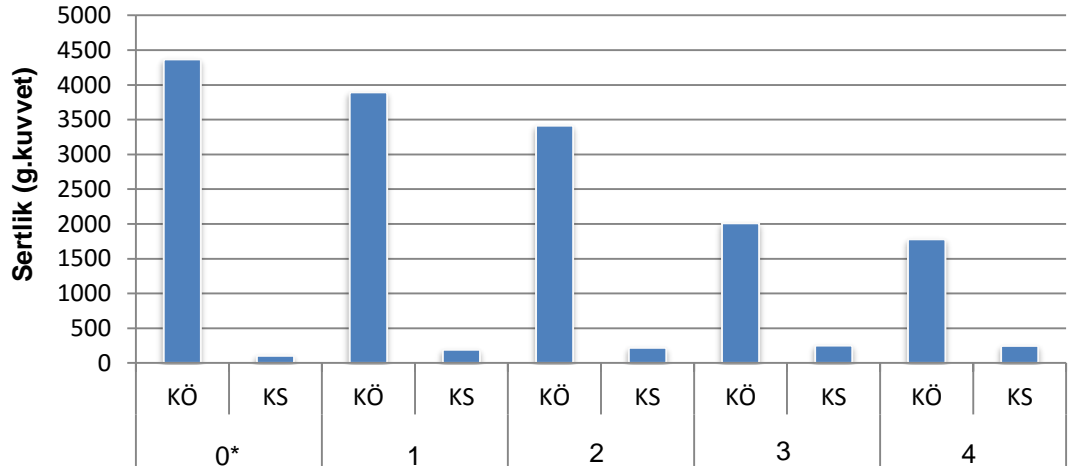
Şekil 4.23. Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre çiğnenebilirlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)

Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin belirlenmiş olan son özelliği olan kesme sertliğinin de hem depolama ile hem de kızartma işlemi ile önemli oranda azaldığı görülmüştür. Sadece 4. ay örneklerinde kesme sertliğinde bir artış tespit edilmiştir. Bu durum sertlik değerleriyle de paralellik göstermiştir. Burada etkili faktörün kabağın bileşenlerinin depolamanın sonuna doğru etkileşime girerek yapıda sertleşmeye yol açmaları olduğu düşünülmektedir.

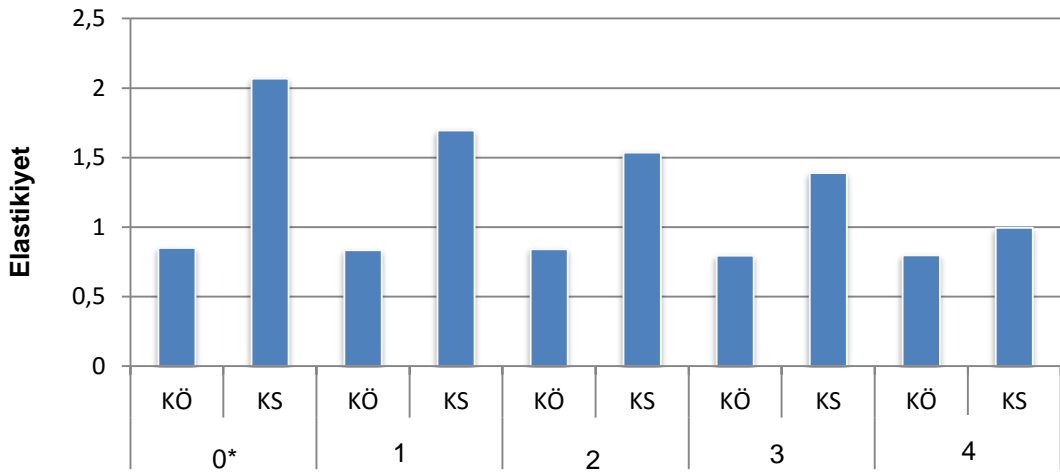


Şekil 4.24. Konveksiyonel fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kesme sertliği değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)

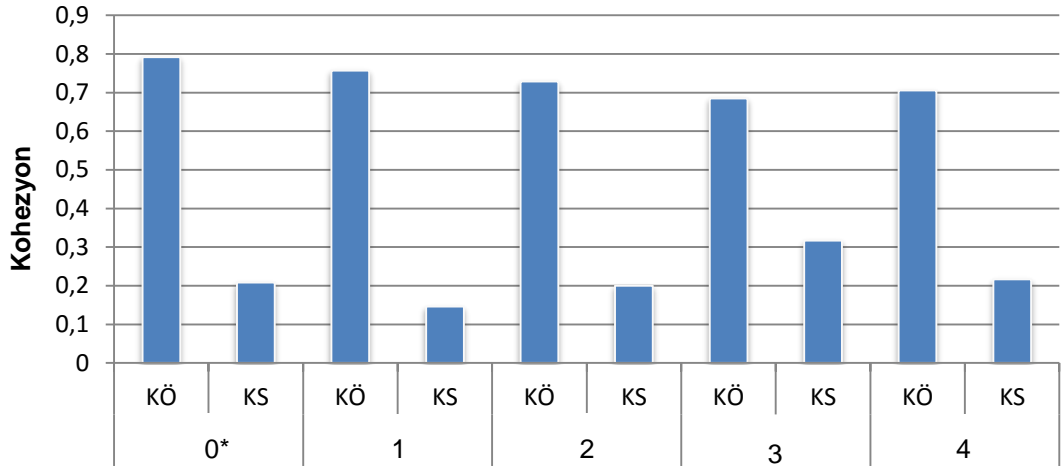
Kabak dilimleri aynı zamanda mikrodalga fırın içerisinde de kurutulmuş ve depolanmıştır. Yine aynı tekstürel özellikler incelenmiş ve Şekil 4.25 ve Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



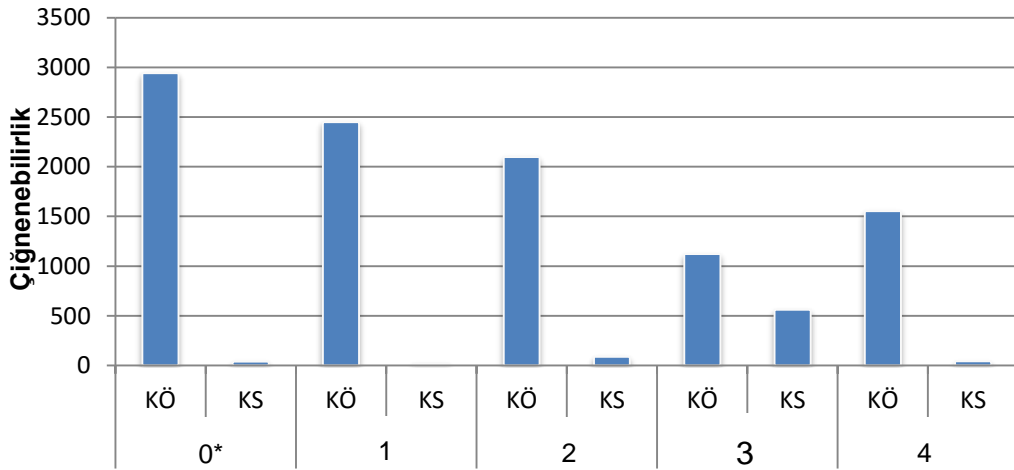
Şekil 4.25. Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre sertlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



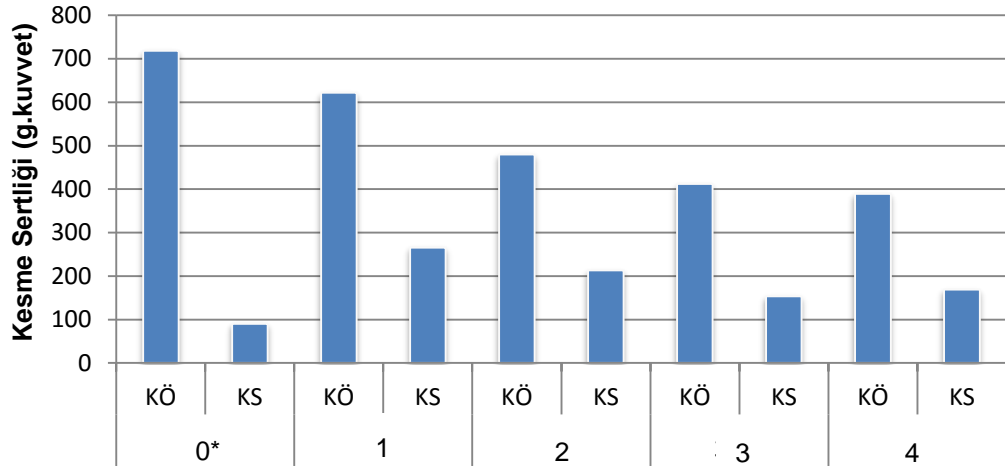
Şekil 4.26. Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre elastikiyet değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



Şekil 4.27. Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kohezyon değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



Şekil 4.28. Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre çiğnenebilirlik değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)



Şekil 4.29. Mikrodalga fırında ön kurutma işlemi sonrası depolanan kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kesme sertliği değerleri (KÖ: kızartma öncesi, KS: kızartma sonrası)

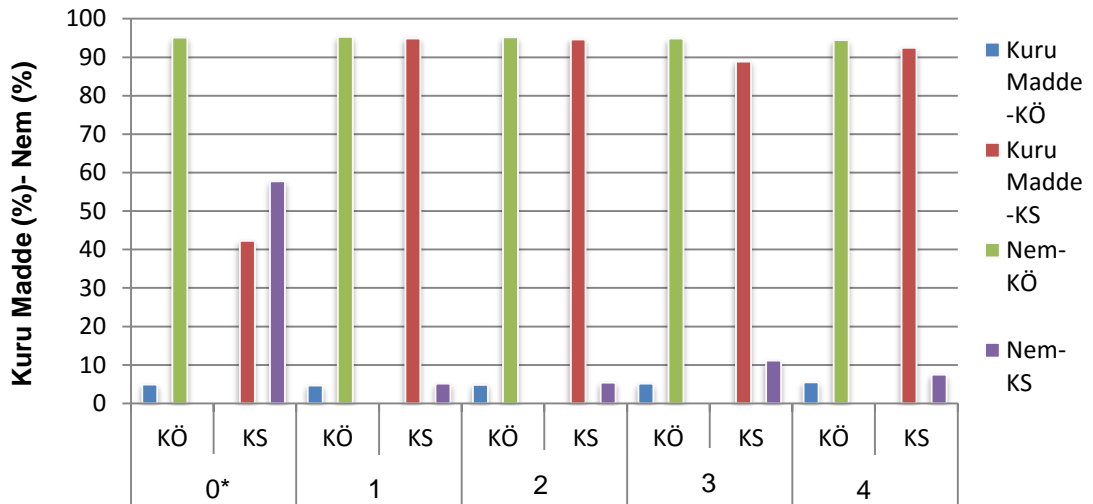
Sertlik değerlerinin kabak dilimlerinde depolama süresindeki artışla birlikte azaldığı görülmüştür. Kızartma işleminin de sertlik değerini azalttığı görülmüştür. Sınırlı olmakla birlikte kızartılmış örneklerinin sertlik değerlerinde depolamanın farklı dönemlerdeki örneklerle kıyaslandığında artış olduğu görülmüştür. Yine bu grup kabak örneklerinin elastikiyet değerleri incelendiğinde kızartma işlemi öncesi örneklerin depolama ile değişmediği, kızartma sonrası artış olmakla birlikte depolamanın ileri dönemlerinde düştüğü görülmüştür. Kohezyon değerlerinin ise kızartma işlemi öncesinde depolama ile kısmen azaldığı ancak kızartma sonrası örneklerde belirgin bir depolama süresinin etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak kızartma öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında kızartma işleminin kohezyon değerini azalttığı belirlenmiştir. Kabak dilimlerinin çiğnenebilirlik değerlerinin ise depolama ile azaldığı tespit edilmiştir. Kızartma işleminin de yine çiğnenebilirlik değerinde önemli bir azalmaya neden olduğu görülmüştür. Son özellik olan kesme sertliği değerlerinin de depolama boyunca azaldığı görülmektedir. Kızartma işleminin de yine bu değerde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Ancak kızartılmış ürünlerde belirgin bir depolama süresi etkisi izlenmemiştir.



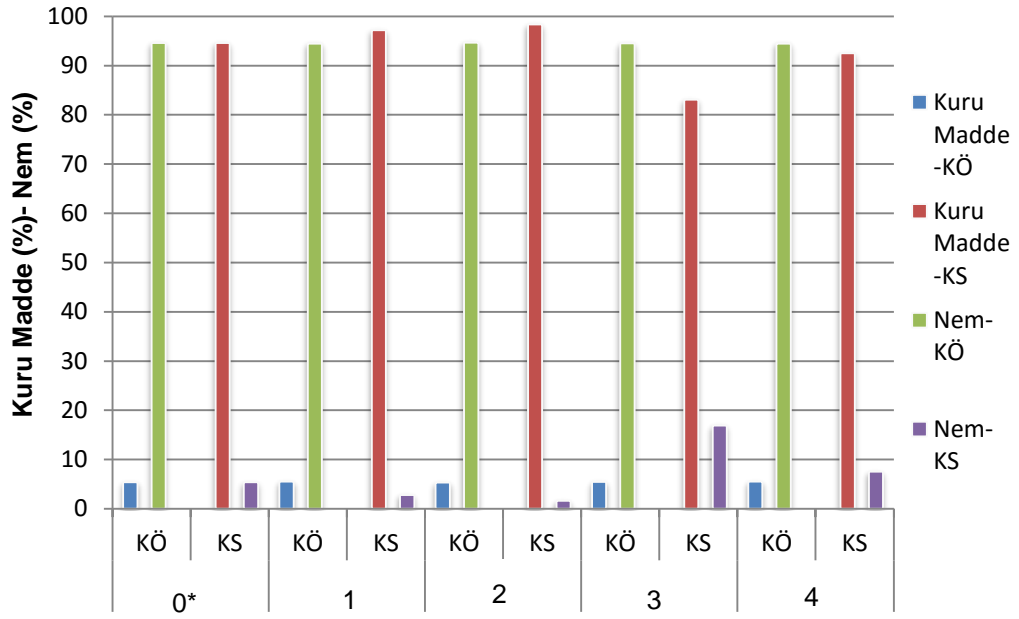
#### 4.4.2 Kuru madde, nem ve yağ içeriği

Kızartma işlemi sonucunda kabak dilimlerinin kuru madde, nem ve yağ içerikleri belirlenmiştir.

Kabak dilimlerinin konveksiyonel ve mikrodalga fırında kurutma sonrası depolanmasında örneklerin yapılarında meydana gelen yumuşama nedeniyle ancak 4. aya kadar saklanabilmiştir. Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 farklı kurutma yöntemleriyle kısmi kurutulmuş kabak dilimlerinin kızartma sonrası kuru madde ve nem içerikleri göstermektedir. Şekil 4.32 ve Şekil 4.33 benzer şekilde kabak dilimlerinin yağ içeriklerini ifade etmektedir. Kabak dilimlerinde depolama sürecinde yapısal değişimlerin daha etkili olduğu kızartma sonrası örneklerin kuru madde ve nem içeriklerinden de anlaşılmaktadır. Depolamanın 1. ayı itibarıyla kuru madde ve nem içerikleri değişim göstermemiştir. Kuru madde ve nem içerikleri incelendiğinde kızartma sırasında özellikle kabak dilimlerinde depolama boyunca etkin şekilde gözlenen yumuşama sonrası suyun tamamına yakınının uzaklaştığı buna paralel olarak kuru madde oranının ciddi oranda arttığı gözlenmiştir. Benzer durum mikrodalga fırında kurutulan kabak dilimlerinde de gözlenmiştir.

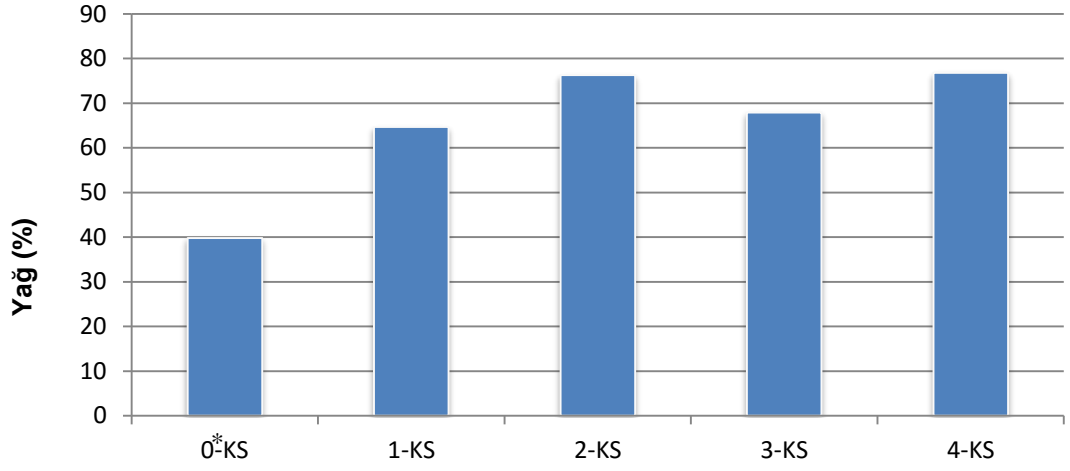


Şekil 4.30. Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası)

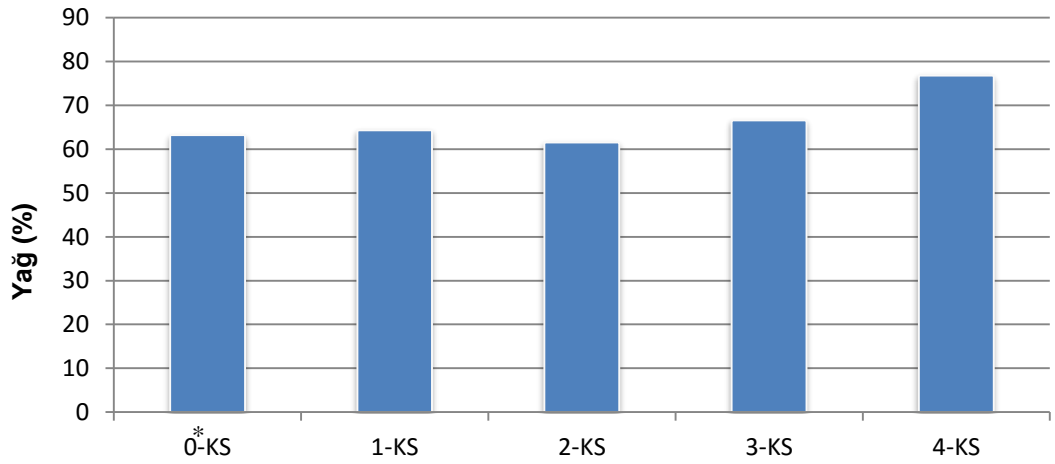


Şekil 4.31. Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası)

Diğer önemli bir parametre olan kızartılmış ürünlerin yağ içerikleri de incelenmiştir. Konveksiyonel fırında kurutulmuş olan kabak dilimlerinin kızartma sonrası yağ içerikleri depolamadan bağımsız olarak %60 üzerinde bulunmuştur. Bu değer 2. aydan sonra %70'e çıkmıştır. Ancak depolama öncesi değer %40'ın altında gerçekleşmiştir. Mikrodalga fırın içerisinde kurutulmuş örneklerde ise başlangıçta da (0. Ay), devamında da yağ içeriği %60 üzerinde ölçülmüştür. Ancak konveksiyonel fırında işlem görmüş kabak dilimlerinden farklı olarak yağ içeriği 4 aylık depolama sonucunda %70 üzerine çıkmıştır. Mikrodalga fırında kurutulmuş örneklerde başlangıçta %60 üzerinde yağ emilimi mikrodalga fırının neden olduğu gözenekli yapı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.32. Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre yağ içerikleri (KS: Kurutma sonrası)

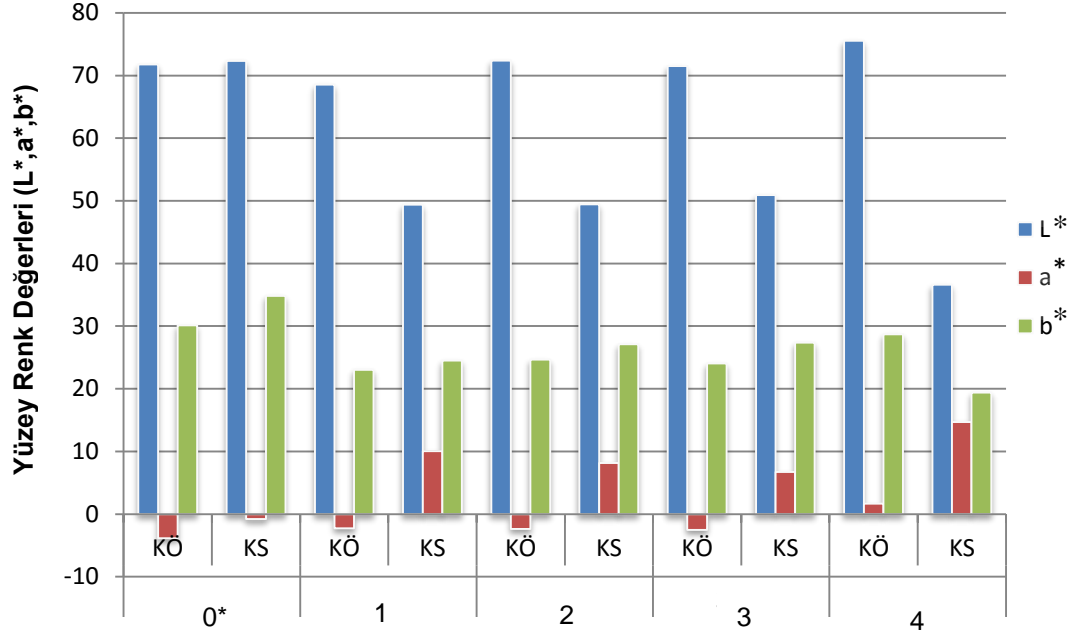


Şekil 4.33. Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre yağ içerikleri (KS: Kurutma sonrası)

#### 4.4.3 Renk

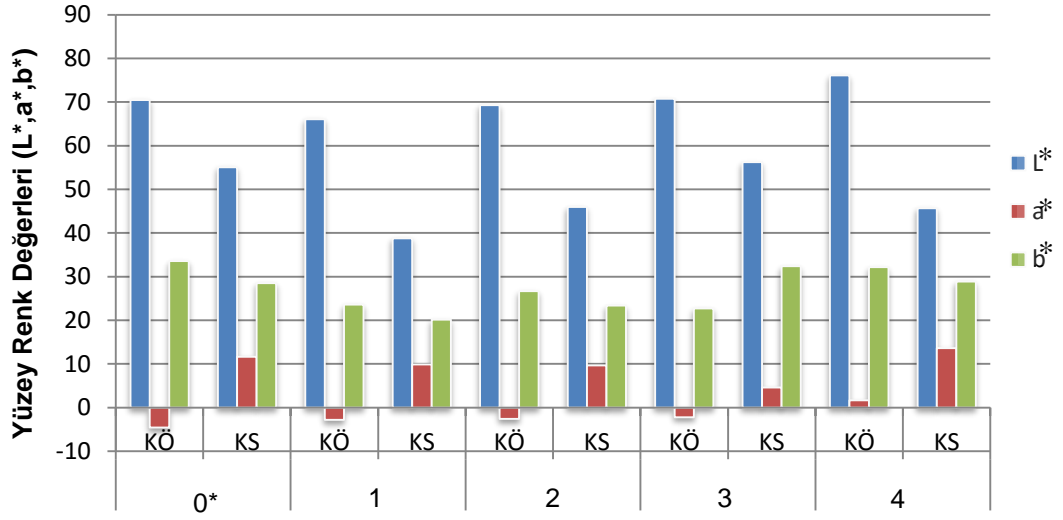
Farklı iki yöntemle ön kurutma uygulanmış kabak dilimlerinin yüzey renklerinin depolama zamanı ile değişimini incelemek için  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ölçülmüştür.

Kabak dilimleri konveksiyonel ve mikrodalga fırın içerisinde ön kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra depolanmıştır. Bu örnekleri içeren ambalajlardan her ay açılarak kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her dönem için hem kızartma öncesi hem kızartma sonrası kabak dilimlerinin yüzey renk değerleri konveksiyonel ve mikrodalga fırın içerisinde ön kurutmaya tutulmuş olmalarına göre Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’de verilmiştir. Konveksiyonel fırın içerisinde işlenmiş örneklerde kızartma öncesi depolama ile  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Diğer renk değerleri olan  $b^*$  değerleri ise 0. aydan 1. aya geçerken düşmüş, depolamanın devamında bu değerde de önemli bir değişim olmamıştır. Renk değerlerinin kızartma sonrası sonuçları incelendiğinde ise kızartma öncesine göre 0. ay hariç  $L^*$  değerlerinde bir azalma,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise artış gözlenmiştir. Burada  $L^*$  değerindeki azalma ve  $a^*$  değerindeki artışın temel nedeninin 1. ay itibariyle yapıda meydana gelen ileri düzey tekstürel değişimlerin neden olduğu yumuşama sonucu suyun kızartma sırasında çok hızlı uzaklaşması ve bu nedenle yanmanın meydana gelmesidir. Yanma ile kırmızı kahverengi bir renk oluşmakta, bu kararmaya doğru geçiş parlaklığı da azaltmaktadır. Bu durum 0. ay örneklerinde görülmemiştir.  $L^*$  değeri ve  $a^*$  değeri önemli bir değişim göstermemiştir. Sarılığın ifadesi olan  $b^*$  değerindeki artışın ise yağ emilimi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga ile işlenmiş kabak örneklerine ait sonuçlar da incelenmiştir.



Şekil 4.34. Konveksiyonel fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre renk değerleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası)

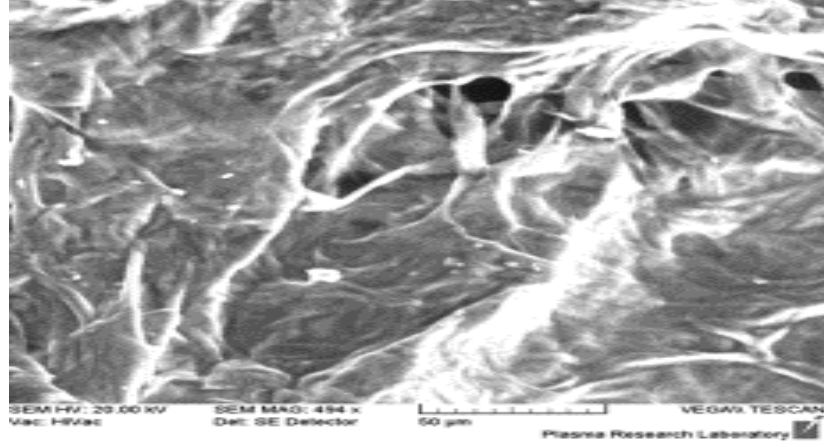
Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak örneklerinde konveksiyonel fırında işlenmiş olanlardan farklı olarak 0 ayda L\* değerleri düşmüş, a\* değerleri artmıştır. Diğer önemli bir fark da b\* değerlerinde azalmadır. Bu noktada yapıda meydana gelen yanmanın etkili olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga ve konveksiyonel fırın uygulamalarından elde edilen örneklerin kızartma öncesi ve sonrası kuru madde ve nem değerleri incelendiğinde de konveksiyonel fırında kurutulmuş örneklerle göre kuru madde artışı ve nem değerinde azalma mikrodalga uygulamasında daha fazladır. Bu da yapıdaki gözenekli yapının mikrodalga ile kurutmada daha etkin olmasıdır. Yapıdan suyun uzaklaşmasının daha etkin ve hızlı olması aynı şartlarda gerçekleştirilen kızartma işlemi sırasında yanma durumunun daha ileri düzeyde gerçekleşmesine neden olmaktadır.



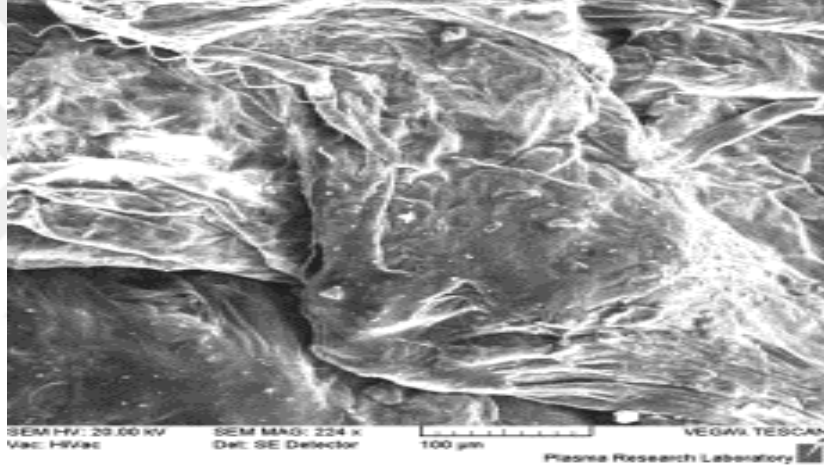
Şekil 4.35. Mikrodalga fırında ön kurutma sonrası derin daldırma yöntemi ile kızartılmış olan farklı depolama dönemlerine karşılık gelen kabak dilimlerinin aylara (\*) göre kuru madde ve nem içerikleri (KÖ: Kurutma öncesi, KS: Kurutma sonrası)

#### 4.5 Yüze Görüntü Analizi (SEM)

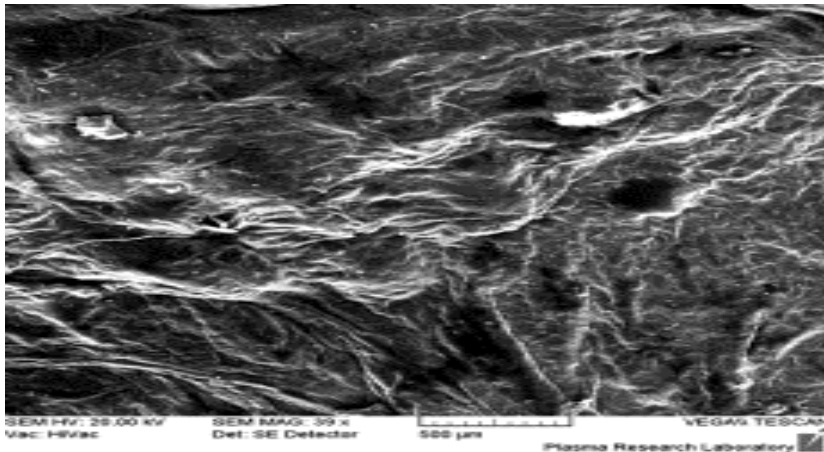
Şekil 4.37-Şekil 4.53’de kabak dilimlerinin yüze görüntüleme sonuçları verilmiştir. Başlangıçtaki taze kabak dilimlerinin yüze özelliklerinde takip eden uygulamalar sırasında değişimler olduğu tespit edilmiştir. Kabak dilimlerinde yapısal değişimler gözlenmiştir. Taze kabak dilimlerine göre haşlama ile yapıda bozulmalar meydana gelmiştir. Haşlama sonrası ön kurutma uygulamalarının da kabak dilimlerinin yüzeyinde yapısal değişimlere neden olduğu görülmüştür. Ancak büyük farklılıklar tespit edilememiştir. Kızartma işlemleri sonrasında da yüzeyde daha pürüzsüz düz parlak bir yapı olduğu gözlenmiştir. Ön kurutma işlemi uygulanmaksızın direkt derin daldırma yöntemi ile kızartılan kabak dilimlerinin yapısal özellikleri incelendiğinde de ön işlem uygulanan örneklere göre yapının daha gözenekli olduğu tespit edilmiştir.



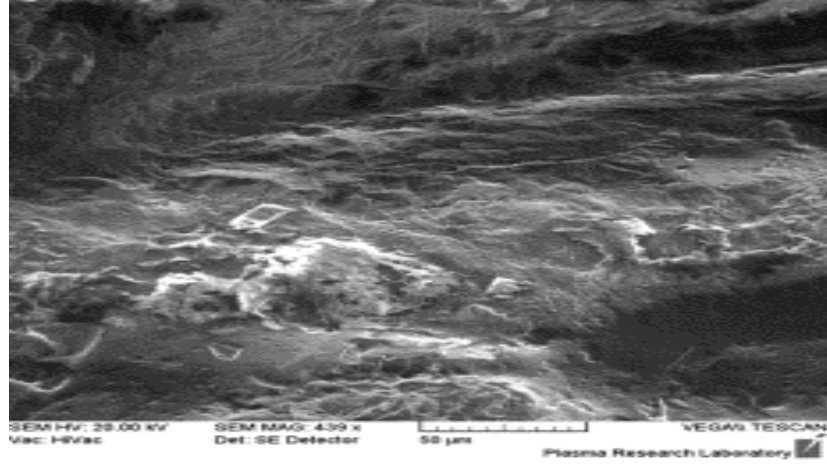
Şekil 4.36.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)



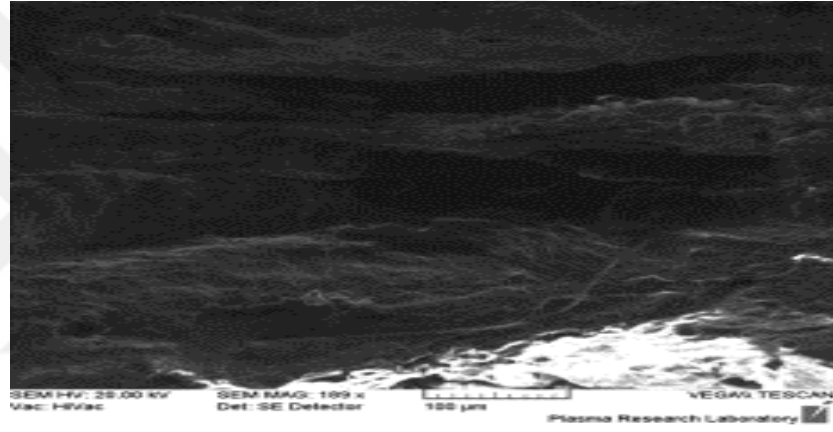
Şekil 4.37.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)



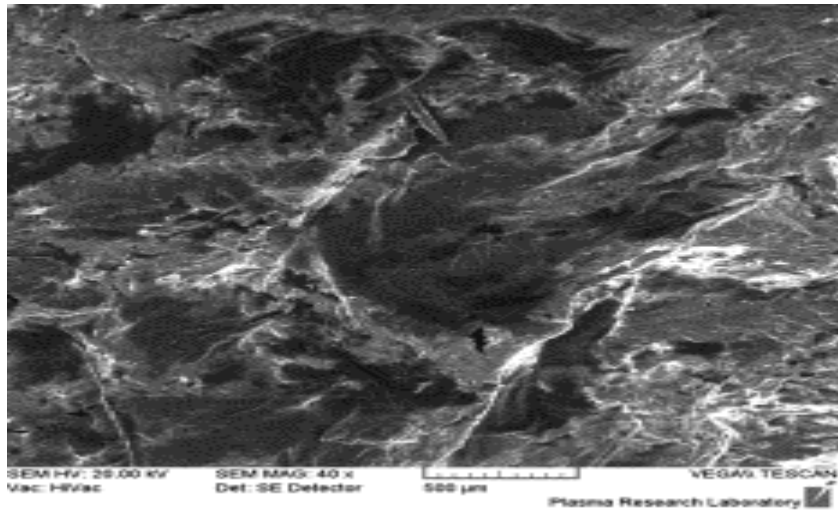
Şekil 4.38.Çiğ kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)



Şekil 4.39.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)

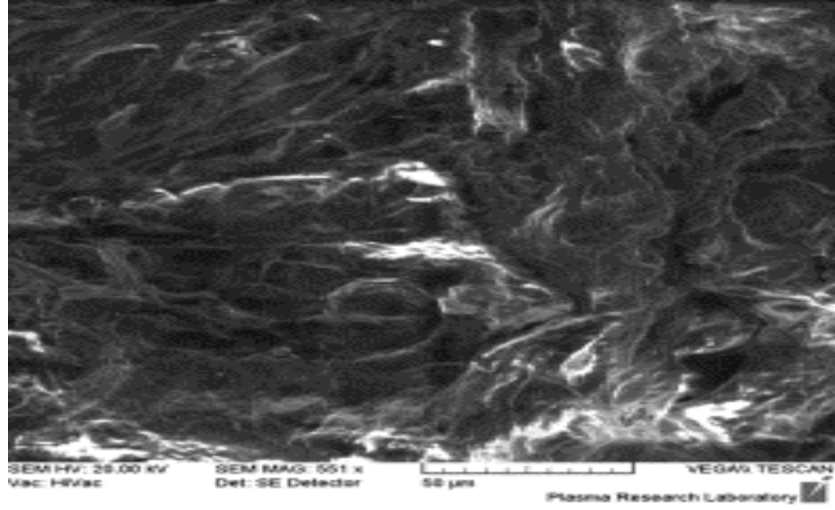


Şekil 4.40.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)

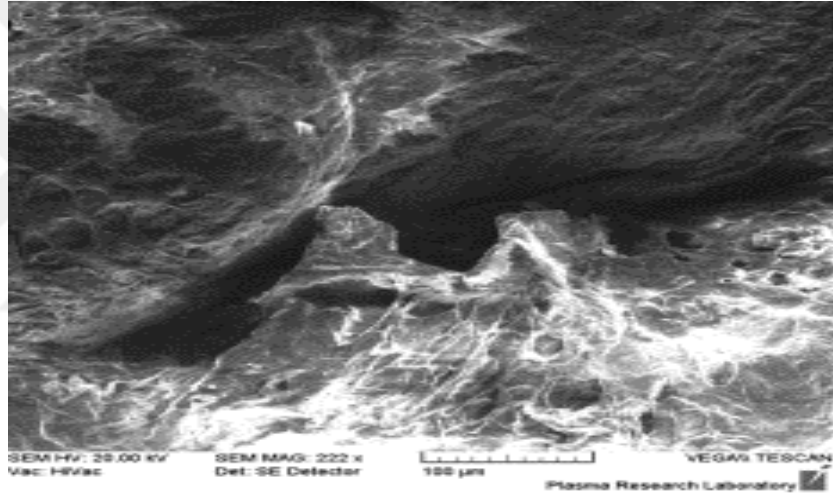


Şekil 4.41.Haşlanmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)

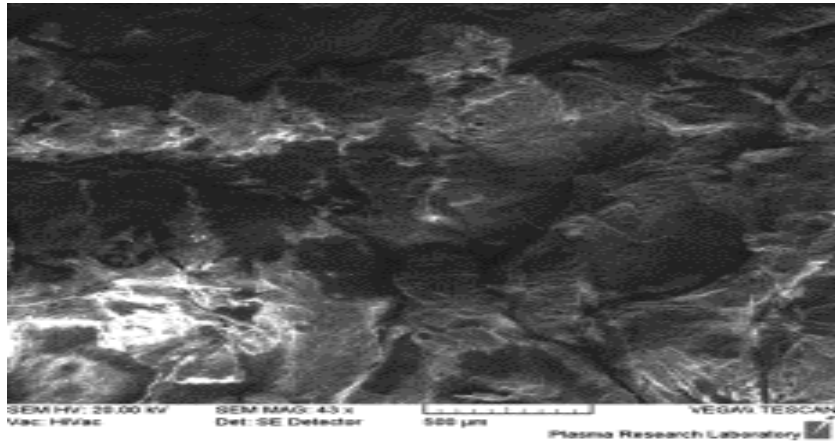




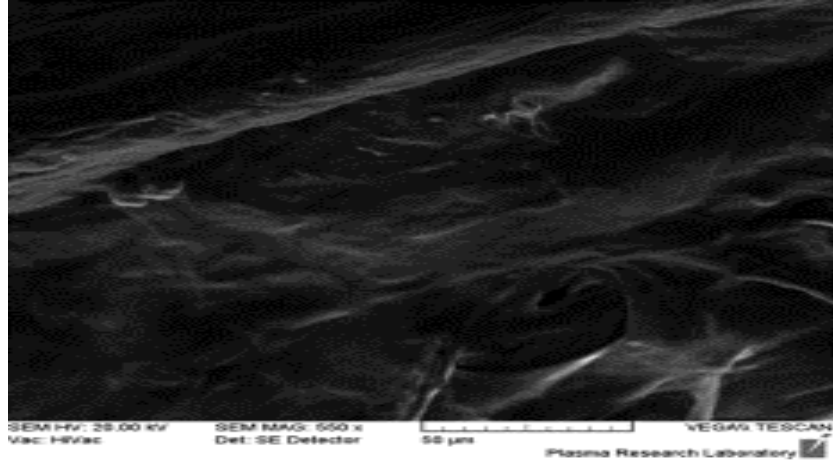
Şekil 4.42.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)



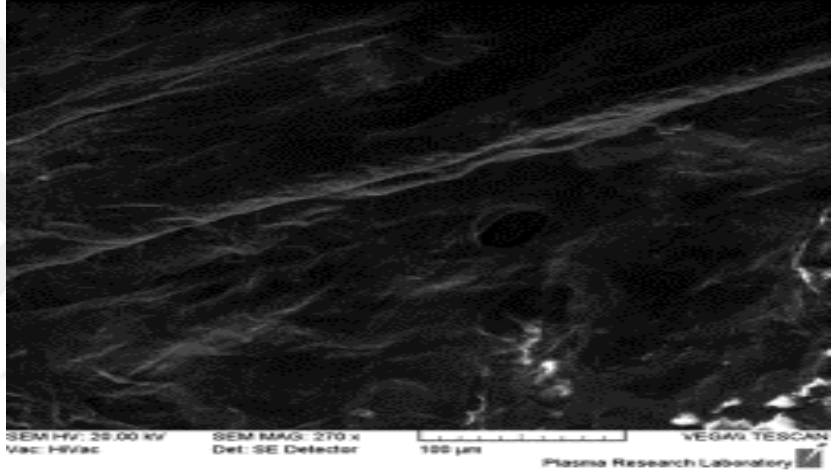
Şekil 4.43.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)



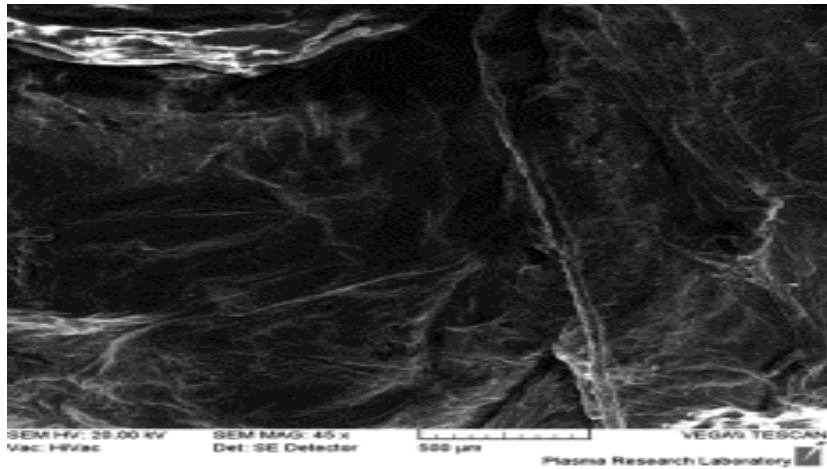
Şekil 4.44.Konveksiyonel fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)



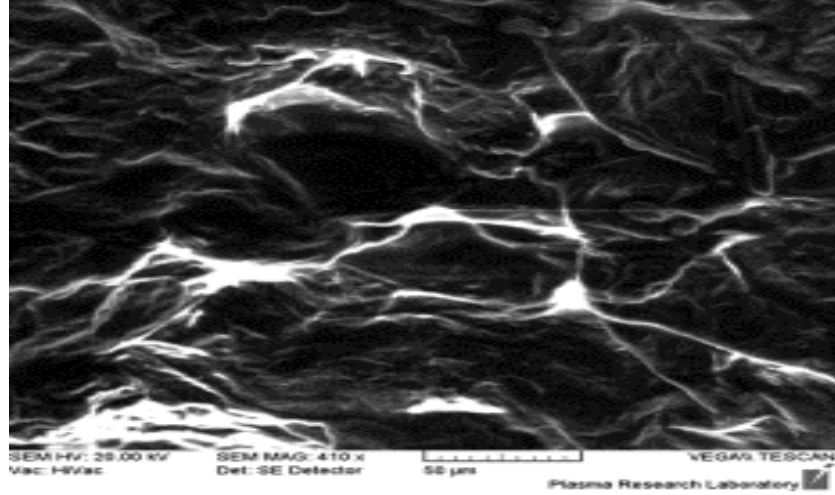
Şekil 4.45.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)



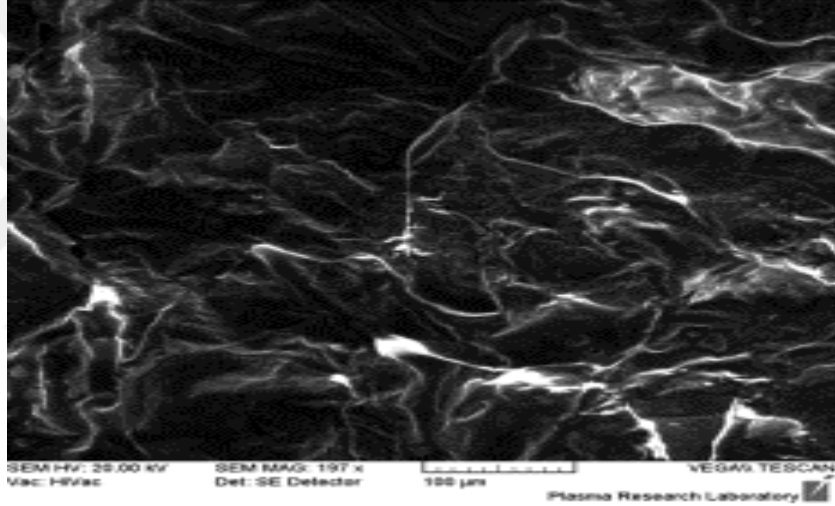
Şekil 4.46.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)



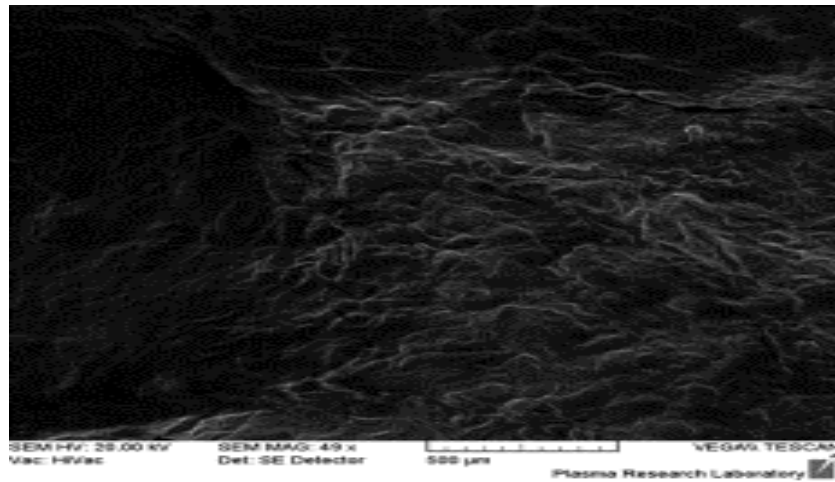
Şekil 4.47.Mikrodalga fırında kurutulmuş kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)



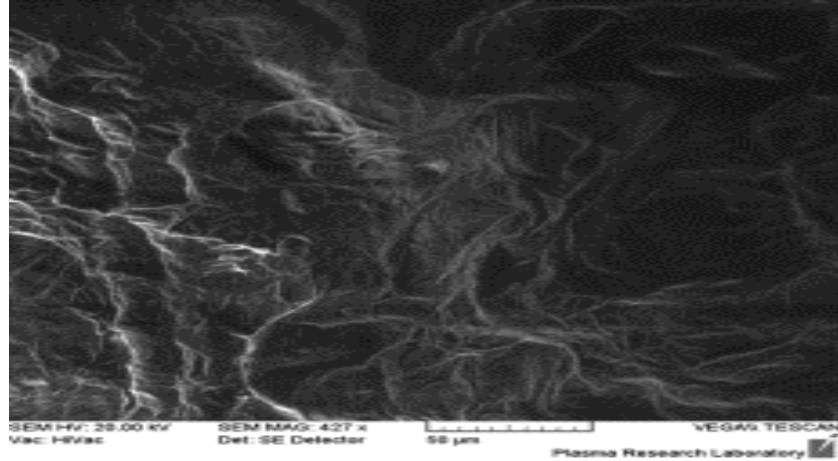
Şekil 4.48.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)



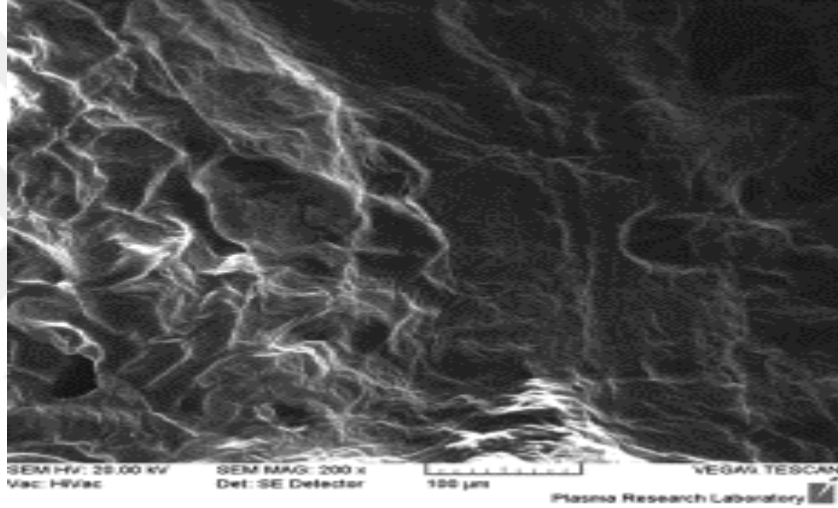
Şekil 4.49.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)



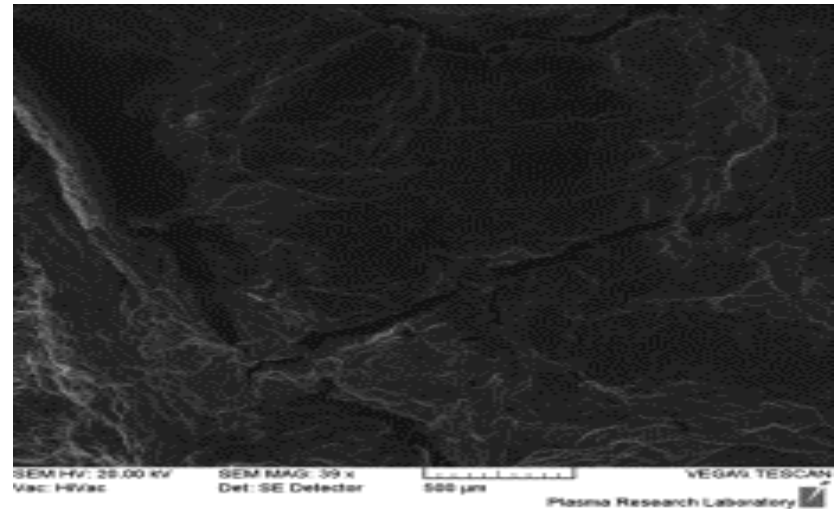
Şekil 4.50.Konveksiyonel kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)



Şekil 4.51.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 50 µm'dir.)



Şekil 4.52.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 100 µm'dir.)



Şekil 4.53.Mikrodalga kurutma sonrası kızartılmış kabak dilimlerinin yüzey görüntüsü (mikroskopun küçültme oranı 500 µm'dir.)

#### 4.6 Osmotik Dehidrasyon

Kabak dilimlerinin kızartma işlemi öncesi ön-uygulama olarak osmotik dehidrasyona tabi tutulması amacıyla iki farklı konsantrasyonda tuz çözeltisi hazırlanmış ve atmosferik basınç altında kabak dilimleri bu çözeltiler içerisinde 40 °C’de 80 dakika tutulmuştur. Aynı vakumun etkisinin incelenebilmesi için bu çözelti konsantrasyonlarında ve sıcaklık değerinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Ancak toplam osmotik dehidrasyon işleminin ilk 10 dakikalık kısmında vakum uygulanmış (80kPa), devamında atmosferik basınç (101,3 kPa) altında işlem toplamda 80 dakika olacak şekilde tamamlanmıştır. Uygulamalar sonrası kabak dilimleri duyu analizi sonucunda en yüksek beğeni alan grubun (K-21) kızartma şartlarında kızartılarak analizleri yapılmıştır. Burada kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, renk değerleri ve dilim nem ve yağ içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın bu aşamasında K-21 uygulamasının tekstürel özellikleri, renk değerleri ve dilim nem ve yağ içerikleri kabak sebzesinin aynı partiden olması ve sonuçların homojenliği açısından yeniden belirlenmiş ve bu yeni uygulama ‘B’ kodu ile temsil edilmektedir. Kontrol grubu olarak K-21 (B kodlu) uygulaması seçilmiştir.

Çizelge 4.18.Osmotik dehidrasyon ön işlem uygulamaları sonucunda kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri

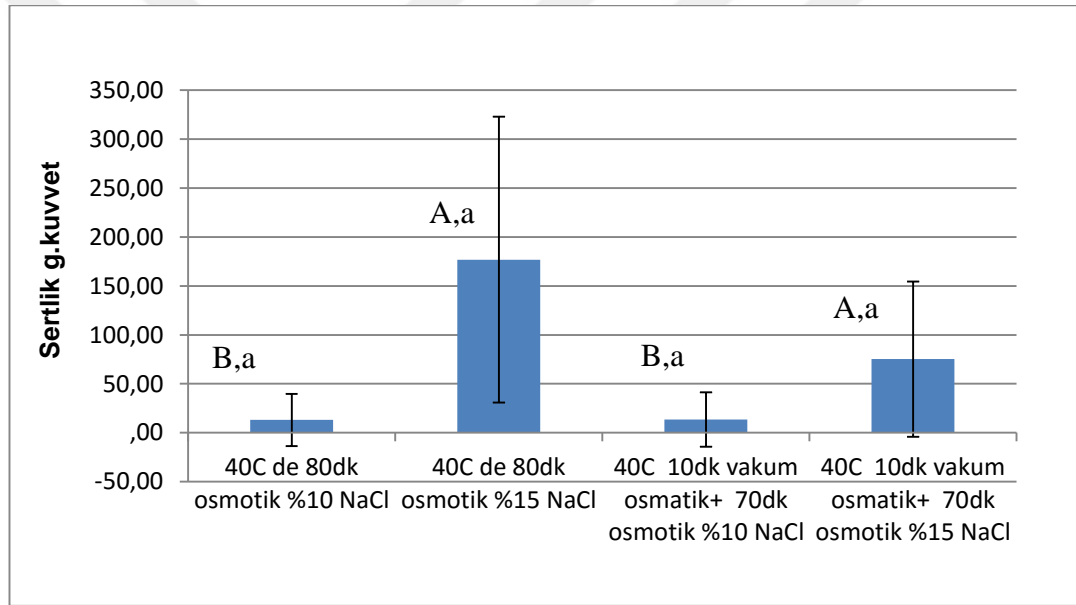
GRUP	Sertlik (g.kuvvet)	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği (g.kuvvet)	L*	a*	b*	% Nem	% Yağ
N kodlu (40°C'de 80dk osmotik %15NaCl)	176.87±146.1	0.00±0.0	0.00±0.00	0.85±0.00	104.22±35.35	74.57±2.50	7.21±1.99	39.72±1.43	41.27±.15	26.98±0.17
O kodlu (40°C'de 80dk osmotik %10NaCl)	13.09±26.58	2.80±6.20	0.07±0.42	1.27±2.24	134.83±119.42	74.94±1.69	5.15±1.66	41.42±2.68	47.93±1.66	30.57±0.00
L kodlu (40°C'de10dk vakum osmotik+70dk osmotik %15 NaCl)	75.25±79.34	0.64±2.02	0.04±.23	0.66±0.74	139.43±56.41	78.38±2.30	3.33±2.05	34.32±3.35	32.66±1.42	29.32±0.51
M kodlu (40°C'de10dk vakum osmotik+70dk osmotik %10 NaCl)	13.45±27.87	0.95±2.68	0.12±.031	0.24±1.42	89.35±62.40	73.35±1.94	6.13±1.60	42.59±1.74	34.20±6.58	28.74±0.11

Yağ yüzdeleri yağ ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Osmotik dehidrasyon ve eş zamanlı vakum uygulamalarının nihai ürünün tekstürel özellikleri, nem, yağ içerikleri ve yüzey renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda bu uygulamaların tekstürel özellikleri açısından uygulama değişkenlerinin sadece kabak dilim sertlik değerlerini değiştirdiği ( $p \leq 0.05$ ), diğer değerlerdeki değişimlerin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).

### Sertlik

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre osmotik dehidrasyon ve vakum uygulamalarının etkili olduğu kabak dilimlerinin sertlik değeri incelenmiş, uygulamaların etkinlik durumu Şekil 4.54’da gösterilmiştir.



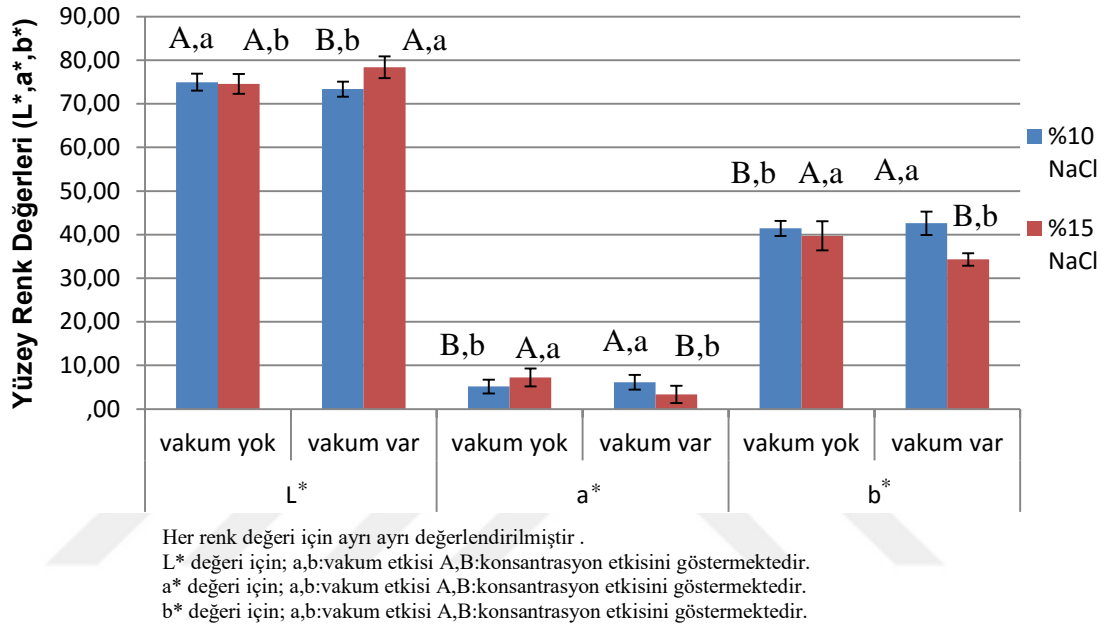
a,b:vakum etkisini göstermektedir. A,B:konsantrasyon etkisini göstermektedir.

Şekil 4.54. Vakum ve çözelti konsantrasyonunun sertlik değeri üzerine etkisi

Şekil 4.54’da görüldüğü üzere sertlik değeri üzerinde, aynı çözelti konsantrasyonunda vakumun varlığı ya da yokluğu önemsiz iken ( $p > 0.05$ ) vakum var ya da yokken çözelti konsantrasyonu önemli olmaktadır ( $p \leq 0.05$ ).

## Renk

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre osmotik dehidrasyon ve vakum uygulamaların kabak dilimlerinin renk değerleri üzerine etkisi incelenmiş ve uygulamaların etkinlik durumu Şekil 4.55’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.55.Vakum ve çözelti konsantrasyonunun renk değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.55.’de görüldüğü üzere L\* değerleri için %10 ve %15 konsantrasyondaki uygulamalarda vakum etkisi önemlidir ( $p \leq 0.001$ ). Vakum yok iken L\* değeri üzerine konsantrasyon etkisi önemsizdir ( $p > 0.05$ ). Vakum varken ise çözgen konsantrasyonu önemli olmaktadır ( $p \leq 0.001$ ).

a\* değerleri için hem %10 konsantrasyon hem de %15 konsantrasyon için vakum etkisi önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Vakum var iken ve yok iken çözgen konsantrasyonu etkisi de önemlidir ( $p \leq 0.001$ ).

b\* değerleri için %10 ve %15 konsantrasyon için vakum etkisi önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) ayrıca vakum yokken ve varken çözgen konsantrasyonu da önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.01$ ).



## Nem ve Yağ

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre osmotik dehidrasyon ve vakum uygulamalarının kabak dilimlerinin %nem ve %yağ değerleri üzerine etkisinin incelendiği istatistiksel analiz sonuçları aşağıda Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.19.Kızzartılmış ürün nem, yağ değerlerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	%Nem	%Y.O.
Model Sabiti Etiketleri	Model Sabiti p değeri	Model Sabiti p değeri
Cozkon	0.665 <sup>ns</sup>	0.165 <sup>ns</sup>
Vakum	0.572 <sup>ns</sup>	0.648 <sup>ns</sup>
Cozkon * Vakum	0.994 <sup>ns</sup>	0.180 <sup>ns</sup>

\*, p≤0.05; \*\*, p≤0.01; \*\*\*, p≤0.001, <sup>ns</sup>: istatistiksel olarak önemsiz

%Y.O.: Yüzdece (%) yağ ağırlık üzerinden yağ oranı

Cozkon: Çözelti Konsantrasyonu

Çizelge 4.19’de görüldüğü üzere %nem ve %yağ değerleri üzerine vakum ve sürenin etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur (p>0.05).

Çizelge 4.20. Osmotik dehidrasyon ön işlem uygulamaları ile kontrol grubu kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri arası farklar

GRUP	Sertlik (g.kuvvet)	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği (g.kuvvet)	L*	a*	b*	% Nem	%Yağ
B (K-21) kodlu (180°C'de 3mm 1dk)	0.70±0.27 <sup>b</sup>	4.93±6.94 <sup>a,b,d</sup>	0.10±0.38 <sup>a,b,c</sup>	0.04±1.73 <sup>a</sup>	53.87±51.90 <sup>a</sup>	62.24±7.10 <sup>d</sup>	2.00±3.91 <sup>g</sup>	25.03±2.86 <sup>f</sup>	19.65±1.92 <sup>a</sup>	58,73±0,45 <sup>a</sup>
N kodlu (40°C'de 80dk osmotik %15NaCl)	176.87±146.1 <sup>a</sup>	0.00±0.0 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.85±0.00 <sup>a</sup>	104.22±35.35 <sup>a</sup>	74.57±2.50 <sup>b,c</sup>	7.21±1.99 <sup>a,b,c</sup>	39.72±1.43 <sup>b,c,d</sup>	41.27±0.15 <sup>b</sup>	26.98±0.17 <sup>b,c,d</sup>
O kodlu (40°C'de 80dk osmotik %10NaCl)	13.09±26.58 <sup>b</sup>	2.80±6.20 <sup>b,c,d</sup>	0.07±0.42 <sup>a,b,c</sup>	1.27±2.24 <sup>a</sup>	134.83±119.42 <sup>a</sup>	74.94±1.69 <sup>b</sup>	5.15±1.66 <sup>d,e</sup>	41.42±2.68 <sup>a,b</sup>	47.93±1.66 <sup>b</sup>	30.57±0.00 <sup>b</sup>
L kodlu (40°C'de10dk vakum osmotik+70dk osmotik %15 NaCl)	75.25±79.34 <sup>a,b</sup>	0.64±2.02 <sup>d</sup>	0.04±.23 <sup>b,c</sup>	0.66±0.74 <sup>a</sup>	139.43±56.41 <sup>a</sup>	78.38±2.30 <sup>a</sup>	3.33±2.05 <sup>f</sup>	34.32±3.35 <sup>e</sup>	32.66±1.42 <sup>b</sup>	29.32±0.51 <sup>b,c</sup>
M kodlu (40°C'de10dk vakum osmotik+70dk osmotik %10 NaCl)	13.45±27.87 <sup>b</sup>	0.95±2.68 <sup>c,d</sup>	0.12±.031 <sup>a,b,c</sup>	0.24±1.42 <sup>a</sup>	89.35±62.40 <sup>a</sup>	73.35±1.94 <sup>b,c</sup>	6.13±1.60 <sup>b,c,d</sup>	42.59±1.74 <sup>a</sup>	34.20±6.58 <sup>b</sup>	28.74±0.11 <sup>b,c</sup>

Yağ yüzdeleri yağ ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

#### 4.7 Ultrason Destekli Osmotik Dehidrasyon

Uygulamada kabak dilimleri 40°C'de %0, %5, %10 veya %15 konsantrasyonda NaCl çözeltilerinde 10 veya 20 dk tutulmuş ve bu işlem esnasında örnek ultrasonik prob ile sabit güçte (%50) ultrasonik dalgalara maruz bırakılmıştır. İşlem süresi sonunda örneklere daha önce yapılan duyuusal testler sonucunda en yüksek beğeniyi almış olan K-21 nolu kızartma işlem koşulları uygulanarak kızartma işlemi yapılmıştır. Kızartma sonrası kabak dilimlerinde tekstürel özellikleri, renk değerleri nem miktarları ve yağ oranları belirlenmiştir. Kontrol grubu olarak K-21 (B kodlu) uygulaması seçilmiştir.



Çizelge 4.21.Ultrason ön işlem uygulamaları sonucunda kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, %nem ve %yağ içerikleri

GRUP	Sertlik (g.kuvvet)	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği (g.kuvvet)	L*	a*	b*	% Nem	%Yağ
P kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik % 15NaCl)	0.70±0.27	4.93±6.94 <sup>d</sup>	0.10±0.38	0.04±1.73	53.87±51.90	74.40±3.29	7.37±2.72	35.63±2.51	46.64±0.51	37.52±0.71
S kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik % 15NaCl)	75.25±79.34	0.64±2.02	0.04±.23	0.66±0.74	139.43±56.41	72.56±2.85	6.44±1.99	39.29±2.37	48.76±.37	36.91±0.38
T kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik % 10NaCl)	13.45±27.87	0.95±2.68	0.12±.031 <sup>d</sup>	0.24±1.42	89.35±62.40	70.52±6.60	8.21±2.07	38.61±3.02	45.60±0.25	29.85±0.29
U kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik % 10NaCl)	176.87±146.1	0.00±0.0	0.00±0.00	0.85±0.00	104.22±35.35	74.77±1.69	4.00±1.32	37.97±3.38	37.42±1.65	20.60±0.03
V kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %5NaCl)	13.09±26.58	2.80±6.20	0.07±0.42	1.27±2.24	134.83±119.42	70.50±2.84	7.99±2.21	40.11±7.54	33.60±2.83	11.31±0.35
X kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik %5NaCl)	17.02±37.10	0.15±0.35	7.46±0.20	0.70±12.93	104.42±81.95	74.46±1.73	5.04±1.66	37.29±2.72	46.17±2.30	23.31±0.02
Y kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %0NaCl)	0.68±0.37	0.21±0.46	0.03±0.24	0.07±0.06	104.50±71.42	74.73±1.55	4.99±1.22	35.80±2.33	56.66±10.02	16.56±0.31
Z kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik 0NaCl)	47.06±103.68	0.10±.22	0.02±0.10	0.07±0.02	125.41±123.00	74.12±1.31	6.04±1.13	38.37±2.00	42.94±0.16	8.92±0.81

Yağ yüzdeleri yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

## Tekstürel Özellikleri

Ultrason uygulamasının kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri üzerine etkisinin incelendiği istatistiksel analiz sonuçları aşağıda Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22.Kızartılmış ürün tekstürel özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

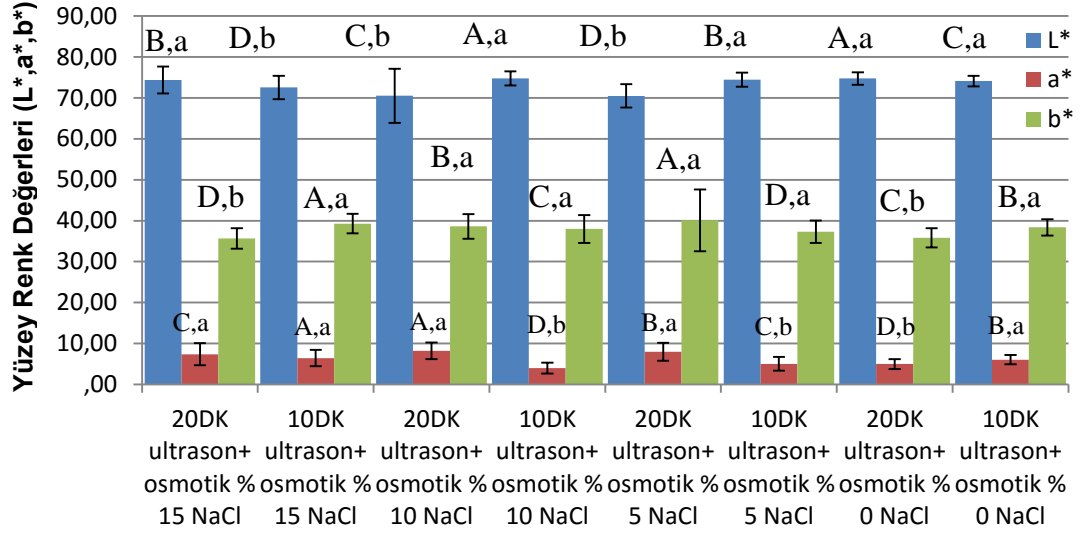
Model Sabitleri	Sertlik (g.kuvvet)	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği (g.kuvvet)
Model Sabiti Etiket	Model Sabiti p değeri	Model Sabiti p değeri	Model Sabiti p değeri	Model Sabiti p değeri	Model Sabiti p değeri
Cozkon	0.936 <sup>ns</sup>	0.046*	0.051 <sup>ns</sup>	0.592 <sup>ns</sup>	0.451 <sup>ns</sup>
Süre	0.092 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>***</sup>	0.001 <sup>***</sup>	0.195 <sup>ns</sup>	0.178 <sup>ns</sup>
Cozkon*süre	0.173 <sup>ns</sup>	0.281 <sup>ns</sup>	0.417 <sup>ns</sup>	0.749 <sup>ns</sup>	0.119 <sup>ns</sup>

\*,  $p \leq 0.05$ ; \*\*,  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*,  $p \leq 0.001$ , <sup>ns</sup>: istatistiksel olarak önemsiz  
Cozkon: çözgen konsantrasyonu

Çizelge 4.22’de görüldüğü üzere sürenin elastikiyet ve kohezyon değerleri üzerindeki etkisi hariç diğer tüm tekstürel özelliklerin ön işlem basamağındaki değişkenler olan çözgen konsantrasyonu ve süre ile önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir.

## Renk

Ultrason uygulamasının kızartılmış kabak dilimlerinin renk değerleri üzerine etkisi incelenmiş ve uygulamaların etkinlik durumu aşağıda Şekil 4.56’de verilmiştir.



Farklı küçük harfler aynı konsantrasyona karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir. Farklı büyük harfler aynı süreye karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir. Farklı konsantrasyon ve sürelerdeki ultrason uygulamaları 40°C’de ve %50 güç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her renk değeri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Şekil 4.56. Renk değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve sürenin etkisi

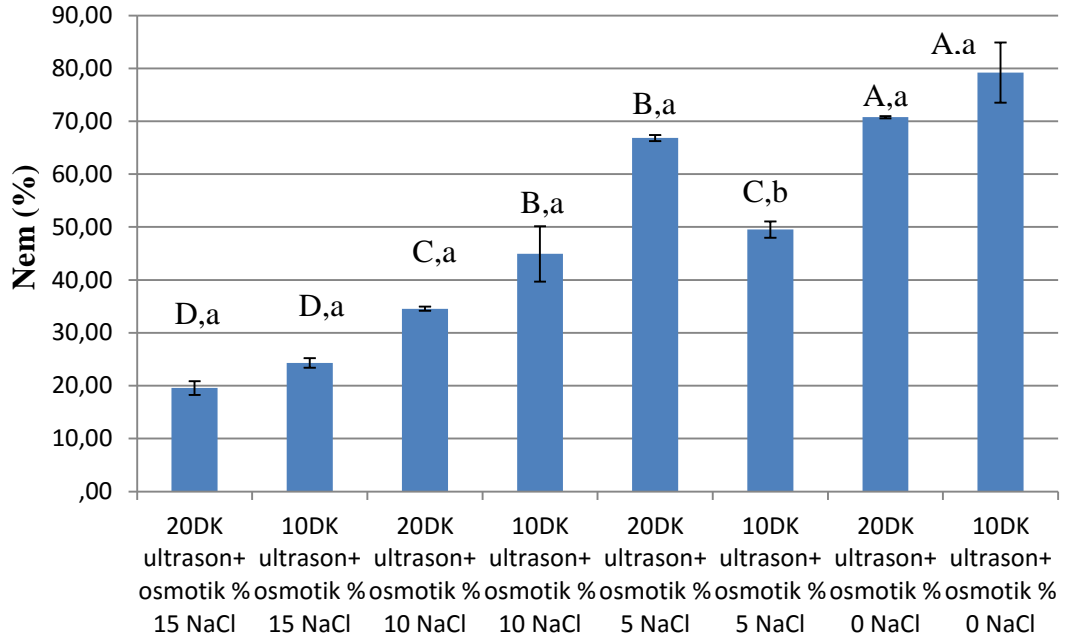
Şekil 4.56’de görüldüğü üzere, L\* değerleri üzerine; %0 konsantrasyon haricindeki tüm konsantrasyonlarda süre etkisi önemli olmaktadır ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca 10dk ve 20dk uygulama sürelerinin her ikisi için de çözelti konsantrasyonu etkisinin önemli olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.001$ ).

a\* değerleri üzerine; %15 konsantrasyonu haricindeki tüm konsantrasyonlarda süre etkisinin önemli olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.001$ ) ve her iki uygulama süresi (10dk ve 20dk) için konsantrasyon etkisi önemlidir ( $p \leq 0.001$ ).

b\* değerleri üzerine; %0 ve %15 konsantrasyonlarda süre etkisi önemli iken ( $p \leq 0.05$ ), %5 ve %10 konsantrasyonlarda süre etkisi önemsizdir ( $p > 0.05$ ). Ayrıca her iki uygulama süresi için de (10dk ve 20dk) süre etkisi önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

## Nem ve Yağ

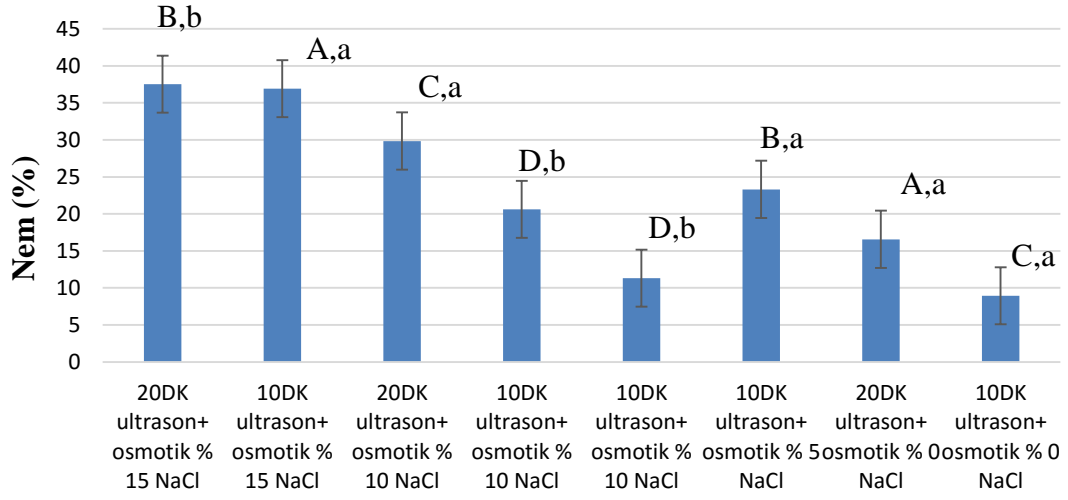
İstatistiksel analiz sonuçlarına göre ultrason uygulamalarının etkili olduğu kabak dilimlerinin %nem ve %yağ özellikleri incelenmiştir.



Farklı küçük harfler aynı konsantrasyona karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir.  
Farklı büyük harfler aynı süreye karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir.  
Farklı konsantrasyon ve sürelerdeki ultrason uygulamaları 40°C'de ve % 50 güç kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.57.%Nem değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve süre etkisi

Şekil 4.57'da görüldüğü üzere sürenin etkisinin sadece çözgen konsantrasyonu %5 iken önemli ( $p \leq 0.05$ ), diğer tüm konsantrasyonlarda önemsizdir ( $p > 0.05$ ). Öte yandan diğer uygulama değişkeni olan tuz konsantrasyonundaki değişimin her iki uygulama süresinde de önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür ( $p \leq 0.001$ ).



Farklı küçük harfler aynı konsantrasyona karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir. Farklı büyük harfler aynı süreye karşılık gelen uygulamalar arası önemli olan farkları göstermektedir. Farklı konsantrasyon ve sürelerdeki ultrason uygulamaları 40°C'de ve %50 güç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yağ yüzdeleri yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Şekil 4.58%Yağ değerleri üzerine çözelti konsantrasyonu ve süre etkisi

Şekil 4.58'de görüldüğü üzere, çözgen konsantrasyonu %0 iken süre önemsiz iken ( $p>0.05$ ) diğer tüm konsantrasyonlarda süre önemlidir ( $p\leq 0.05$ ). Ayrıca 10dk ve 20dk her iki işlem süresi için de çözgen konsantrasyonları önemli olduğu görülmüştür ( $p\leq 0.05$ ).



Çizelge 4.23.Ultrason ön işlem uygulamaları ile kontrol grubu kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, nem ve yağ içerikleri arası farklar

GRUP	Sertlik	Elastikiyet	Kohezyon	Çiğnenebilirlik	Kesme Sertliği	L*	a*	b*	% Nem	%Yağ
B (K-21) kodlu (180°C'de 3mm 1dk)	0.70±0.27 <sup>b</sup>	4.93±6.94 <sup>a,b,d</sup>	0.10±0.38 <sup>b,c,d</sup>	0.04±1.73 <sup>a</sup>	53.87±51.90 <sup>b</sup>	62.24±7.10 <sup>d</sup>	2.00±3.91 <sup>g</sup>	25.03±2.86 <sup>g</sup>	19.65±1.92 <sup>e</sup>	58.73±0.45 <sup>a</sup>
P kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %15NaCl)	0.70±0.27 <sup>b</sup>	4.93±6.94 <sup>d</sup>	0.10±0.38 <sup>c,d</sup>	0.04±1.73 <sup>a</sup>	53.87±51.90 <sup>b</sup>	74.40±3.29 <sup>a,b</sup>	7.37±2.72 <sup>a,b</sup>	35.63±2.51 <sup>e,f</sup>	46.64±0.51 <sup>e</sup>	37.52±0.71 <sup>c</sup>
S kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik %15NaCl)	75.25±79.34 <sup>b</sup>	0.64±2.02 <sup>d</sup>	0.04±.23 <sup>c,d</sup>	0.66±0.74 <sup>a</sup>	139.43±56.41 <sup>b</sup>	72.56±2.85 <sup>b</sup>	6.44±1.99 <sup>b,c</sup>	39.29±2.37 <sup>b,c</sup>	48.76±.37 <sup>e</sup>	36.91±0.38 <sup>c</sup>
T kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %10NaCl)	13.45±27.87 <sup>a,b</sup>	0.95±2.68 <sup>d</sup>	0.12±.031 <sup>d</sup>	0.24±1.42 <sup>a</sup>	89.35±62.40 <sup>b</sup>	70.52±6.60 <sup>c</sup>	8.21±2.07 <sup>a</sup>	38.61±3.02 <sup>b,c,d</sup>	45.60±0.25 <sup>d</sup>	29.85±0.29 <sup>c</sup>
U kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik %10NaCl)	176.87±146.1 <sup>a,b</sup>	0.00±0.0 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>a,b,c</sup>	0.85±0.00 <sup>a</sup>	104.22±35.35 <sup>b</sup>	74.77±1.69 <sup>a</sup>	4.00±1.32 <sup>e,f</sup>	37.97±3.38 <sup>c,d</sup>	37.42±1.65 <sup>c</sup>	20.60±0.03 <sup>d,e</sup>
V kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %5NaCl)	13.09±26.58 <sup>a,b</sup>	2.80±6.20 <sup>a</sup>	0.07±0.42 <sup>a</sup>	1.27±2.24 <sup>a</sup>	134.83±119.42 <sup>a</sup>	70.50±2.84 <sup>c</sup>	7.99±2.21 <sup>a</sup>	40.11±7.54 <sup>a,b</sup>	33.60±2.83 <sup>b</sup>	11.31±0.35 <sup>e</sup>

Çizelge 4.23.Ultrason ön işlem uygulamaları ile kontrol grubu kızartılmış kabak dilimlerinin tekstürel özellikleri, yüzey renk değerleri, nem ve yağ içerikleri arası farklar (devam)

X kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik %5NaCl)	17.02±37.10 <sup>a</sup>	0.15±0.35 <sup>a,b</sup>	7.46±0.20 <sup>a,b,c</sup>	0.70±12.93 <sup>a</sup>	104.42±81.95 <sup>b</sup>	74.46±1.73 <sup>a,b</sup>	5.04±1.66 <sup>d,e</sup>	37.29±2.72 <sup>d,e</sup>	46.17±2.30 <sup>e</sup>	23.31±0.02 <sup>e</sup>
Y kodlu (%50 power 40°C'de 20dk ultrason+osmotik %0NaCl)	0.68±0.37 <sup>a,b</sup>	0.21±0.46 <sup>a,b,c</sup>	0.03±0.24 <sup>a,b,c,d</sup>	0.07±0.06 <sup>a</sup>	104.50±71.42 <sup>b</sup>	74.73±1.55 <sup>a</sup>	4.99±1.22 <sup>d,e</sup>	35.80±2.33 <sup>e,f</sup>	56.66±10.02 <sup>b</sup>	16.56±0.31 <sup>b</sup>
Z kodlu (%50 power 40°C'de 10dk ultrason+osmotik 0NaCl)	47.06±103.68 <sup>a,b</sup>	0.10±.22 <sup>a</sup>	0.02±0.10 <sup>a</sup>	0.07±0.02 <sup>a</sup>	125.41±123.00 <sup>b</sup>	74.12±1.31 <sup>a,b</sup>	6.04±1.13 <sup>c,d</sup>	38.37±2.00 <sup>b,c,d</sup>	42.94±0.16 <sup>a</sup>	8.92±0.81 <sup>c,d</sup>

Yağ yüzdeleri yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

## 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elde edilen veriler ışığında düşük yağ içerikli kızartılmış kabak üretiminde farklı ön kurutma işlemleri ile ürünlerin %yağ, %nem, tekstürel özellikler ve renk değerlerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür;

- Konveksiyonel ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin sertlik değerinin kızartma süresinden bağımsız olarak sıcaklık artışıyla birlikte azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca kesme sertliği değişiminin sertlik değeri değişimi ile paralellik gösterdiği görülmüştür.
- Mikrodalga ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin kesme sertliği değerlerinin kızartma süresi artışıyla azaldığı ve kızartma sıcaklığının kesme sertliği değerini değiştirmediği görülmüştür.
- Konveksiyonel ön kurutma işlemi uygulanan ürünün sertlik değeri değişimi süreden bağımsız iken mikrodalga ön kurutma uygulanan ürünün sertlik değeri değişimi sıcaklık ve süre artışıyla azalmaktadır.
- Konveksiyonel ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin elastikiyet değerinin başlangıçta kızartma sıcaklığının ve süresinin artışıyla arttığı ancak daha yüksek sıcaklıklara çıkılması ve/veya kızartma süresinin uzamasıyla birlikte düştüğü görülmüştür. Bununla birlikte kohezyon ve çignenebilirlik değerlerinin elastikiyet değeri ile paralelliği tespit edilmiştir.
- Mikrodalga ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin kohezyon değeri kızartma sıcaklık ve süresindeki artışıyla birlikte azalmıştır.
- $L^*$  değeri ile kızartma süresi arasında ters ilişki olduğu saptanmıştır.
- Konveksiyonel ön kurutma uygulanan örneklerin  $a^*$  değerleri, sıcaklık artışıyla birlikte zamandan bağımsız olarak artarken; mikrodalga ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin.  $a^*$  değerleri, yüksek sıcaklıklara ve uzun işlem sürelerine doğru artış göstermiştir.

- Düşük sıcaklık ve sürelerde kabak dilimlerinin nem içeriğinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak her ikisinde de artışla birlikte nem değerinde keskin bir azalma gözlenmiştir.
- Kızartma sıcaklığı ve süresinin düşük değerlerinde kabak dilimlerinin yağ emiliminin sınırlı düzeyde kaldığı ancak yüksek sıcaklık değerlerine ve uzun kızartma işlemlerine ulaşıldığında yağ emilim oranının kabak dilimlerinde hızla arttığı görülmüştür.
- Osmotik dehidrasyon ve vakum destekli osmotik dehidrasyon uygulamalarının tekstürel özellikleri açısından uygulama değişkenlerinin sadece kabak dilim sertlik değerlerini değiştirdiği ( $p \leq 0.05$ ), diğer değerlerdeki değişimlerin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).
- Osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin  $L^*$  değerleri üzerine konsantrasyon etkisi önemsiz iken ( $p > 0.05$ ), vakum destekli osmotik dehidrasyon uygulanan kabak dilimlerinin  $L^*$  değerleri üzerine konsantrasyon etkisi önemlidir ( $p \leq 0.001$ ).
- Osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan veya vakum destekli osmotik dehidrasyon uygulanan kabak dilimlerinin her ikisi için de  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri çözgen konsantrasyon etkisi ile önemli düzeyde değişmiştir ( $p \leq 0.05$ ).
- Osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin %nem ve %yağ değerleri üzerine vakum ve sürenin etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).
- Ultrason destekli osmotik dehidrasyon uygulamasında sürenin elastikiyet ve kohezyon değerleri üzerindeki etkisi hariç diğer tüm tekstürel özelliklerin ön işlem basamağındaki değişkenler olan çözgen konsantrasyonu ve süre ile önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).

- %0 konsantrasyon haricindeki tüm konsantrasonlardaki ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin  $L^*$  değerleri üzerine süre etkisi önemli olmaktadır ( $p \leq 0.05$ ).
- Konsantrasonlardaki ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin  $a^*$  değerleri üzerine; %15 konsantrasyonu haricindeki tüm konsantrasyonlarda süre etkisinin önemli olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.001$ ).
- Konsantrasonlardaki ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi uygulanan kabak dilimlerinin  $b^*$  değerleri üzerine; %0 ve %15 konsantrasyonlarda süre etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ).
- Ultrason destekli osmotik dehidrasyon uygulamalarının tümünde çözelti konsantrasyonu  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini önemli düzeyde değiştirmiştir ( $p \leq 0.05$ ).
- Ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin nem değerleri üzerine sürenin etkisinin sadece çözgen konsantrasyonu %5 iken önemli olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.05$ ).
- Ultrason destekli osmotik dehidrasyon ön kurutma uygulanan kabak dilimlerinin nem değerleri üzerine çözgen konsantrasyonu sadece %0 iken süre önemsizdir ( $p > 0.05$ ).
- Ultrason destekli osmotik dehidrasyon uygulamalarının tümünde çözelti konsantrasyonu %nem ve %yağ değerlerini önemli oranda değiştirmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

Sonuç olarak düşük yağ içerikli kızartılmış kabak üretimi için düşük kızartma süresi ve sıcaklığı seçilmelidir.

## 6 KAYNAKLAR

- Anonim, 2015a. 13.11.2015. <http://www.ggd.org.tr/icerik.php?id=199>
- Anonim, 2015b. 12.11.2015. <http://www.fao.org>
- Anonim, 2015c. 11.11.2015. [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do%3Fistab\\_id%3D62](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do%3Fistab_id%3D62)
- Anonim, 2015d. 10.11.2015. <http://www.Turkcebilgi.com/ansiklopedi/kabak>
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis (16th Ed.).
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. Food Chemistry. Springer Berlin Heidelberg.
- Bingol, G., Zhang, A., Pan, Z., McHugh, T.H., 2012. Producing Lower-Calorie Deep Fat Fried French Fries Using Infrared Dry-Blanching as Pretreatment. Food Chemistry, 132(2), 686-692.
- Blumenthal, M.M., 1991. A New Look at the Chemistry and Physics of Deep-Fat Frying. Food technology (USA).
- Bouchon, P., Hollins, P., Pearson, M., Pyle, D., Tobin, M., Ajandouz, E., Tchiakpe, L., Dalle Ore, F., Benajiba, A., Puigserver, A., 2001. Oil Distribution in Fried Potatoes Monitored by Infrared Microspectroscopy. Journal Of Food Science-Chicago, 66(7), 918-925.
- Bourne, M.C., 1978. Texture Profile Analysis [Food Acceptability]. Food technology.
- Chujin, C., Shukukei, K., Heiki, Y., Isho, S., 2001. Method for Frying Food Combinedly Using Traditional Heat Source and Microwave. JP2001054475.
- Corzo, O., Bracho, N., Rodríguez, J., González, M., 2007. Predicting the Moisture and Salt Contents of Sardine Sheets During Vacuum Pulse Osmotic Dehydration. Journal of food engineering, 80(3), 781-790.
- Da Silva, P.F., Moreira, R.G., 2008. Vacuum Frying of High-Quality Fruit and Vegetable-Based Snacks. LWT-Food Science and Technology, 41(10), 1758-1767.
- Dana, D., Saguy, I.S., 2006. Review: Mechanism of Oil Uptake During Deep-Fat Frying and the Surfactant Effect-Theory and Myth. Advances in Colloid and Interface Science, 128–130, 267-272.
- Debnath, S., Bhat, K., Rastogi, N., 2003. Effect of Pre-Drying on Kinetics of Moisture Loss and Oil Uptake During Deep Fat Frying of Chickpea Flour-Based Snack Food. LWT-Food Science and Technology, 36(1), 91-98.

- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S., 2010. Rheological Properties of Gluten-Free Bread Formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295-303.
- Dixon, G., Jen, J., 1977. Changes of Sugar and Acids of Osmovac-Dried Apple Slices of Sugars and Acids of Osmotic-Dried Apple Slices. *Journal of Food Science*, 42(4), 1126-1127.
- Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P., 2010. Vacuum Frying Reduces Oil Uptake and Improves the Quality Parameters of Carrot Crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143-1149.
- Fernandes, F.A., Gallão, M.I., Rodrigues, S., 2008. Effect of Osmotic Dehydration and Ultrasound Pre-Treatment on Cell Structure: Melon Dehydration. *LWT-Food Science and Technology*, 41(4), 604-610.
- Gamble, M., Rice, P., Selman, J., 1987. Relationship between Oil Uptake and Moisture Loss During Frying of Potato Slices from Cv Record Uk Tubers. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(3), 233-241.
- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F.I., Gallão, M.I., Weller, C.L., Rodrigues, S., Fernandes, F.A., 2010. Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Strawberries: Effect of Pretreatment Time and Ultrasonic Frequency. *Drying Technology*, 28(2), 294-303.
- Gertz, 2005. *Quality Control and Safety of Cooking Oils*. Frankfurt: Workshop Deep-Frying.
- Gertz, C., 2000. Chemical and Physical Parameters as Quality Indicators of Used Frying Fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9), 566-572.
- Giangiacomo, R., Torreggiani, D., Abbo, E., 1987. Osmotic Dehydration of Fruit: Part 1. Sugars Exchange between Fruit and Extracting Syrups<sup>1</sup>. *Journal of Food Processing and Preservation*, 11(3), 183-195.
- Hawkes, J., Flink, J.M., 1978. Osmotic Concentration of Fruit Slices Prior to Freeze Dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2, 265-284.
- Heng, K., Guilbert, S., Cuq, J., 1990. Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on the Product Quality. *Sciences des Aliments*, 10(4), 831-848.
- Hitachi, L., 1995. *Scanning Electron Microscope*. US5389787 A.
- Ikoko, J., Kuri, V., 2007. Osmotic Pre-Treatment Effect on Fat Intake Reduction and Eating Quality of Deep-Fried Plantain. *Food Chemistry*, 102(2), 523-531.
- James, C., 1995. Determination of Fat by the Soxhlet Methods. *Analytical chemistry of foods*, 91-92.

- Jones, L.V., Peryam, D.R., Thurstone, L., 1955. Development of a Scale for Measuring Soldiers' food Preferences. *Journal of Food Science*, 20(5), 512-520.
- Karizaki, V.M., Sahin, S., Sumnu, G., Mosavian, M.T.H., Luca, A., 2013. Effect of Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration as a Pretreatment on Deep Fat Frying of Potatoes. *Food and Bioprocess Technology*, 6(12), 3554-3563.
- Keller, C., 1988. Fritieren in Der Lebensmittelverarbeitung: Untersuchungen Am Beispiel Der Herstellung Von Pommes Frites.
- Kita, A., Lisińska, G., Gołubowska, G., 2007. The Effects of Oils and Frying Temperatures on the Texture and Fat Content of Potato Crisps. *Food chemistry*, 102(1), 1-5.
- Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z., Marinos-Kouris, D., 2001a. Deep Fat Frying of Potato Strips—Quality Issues. *Drying Technology*, 19(5), 879-935.
- Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z., Marinos-Kouris, D., 2001b. Effect of Pre-Drying on Quality of French Fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 347-354.
- Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z., Marinos-Kouris, D., 2001c. Effect of Osmotic Dedydration Pretreatment on Quality of French Fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 339-345.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D., 2001b. Effect of Pre-Drying on Quality of French Fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 347-354.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D., 2001d. Effect of Pre-Treatment on Viscoelastic Behaviour of Potato Strips. *Journal of Food Engineering*, 50(1), 11-17.
- Lamberg, I., Hallstroem, B., Olsson, H., 1990. Fat Uptake in a Potato Drying/Frying Process. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 23(4), 295-300.
- Lee, Y., Bretch, E.E., Bath, C.K., Merritt, C.G. 1988. Process for Preparing Low Oil Potato Chips. US4721625.
- Lerici, C., Pinnavaia, G., Rosa, M.D., Bartolucci, L., 1985. Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. *Journal of Food science*, 50(5), 1217-1219.
- Mariscal, M., Bouchon, P., 2008. Comparison between Atmospheric and Vacuum Frying of Apple Slices. *Food Chemistry*, 107(4), 1561-1569.
- Mellema, M., 2003. Mechanism and Reduction of Fat Uptake in Deep-Fat Fried Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 364-373.



- Mizrahi, S., Eichler, S., Ramon, O., 2001. Osmotic Dehydration Phenomena in Gel Systems. *Journal of Food Engineering*, 49(2), 87-96.
- Morales-Blancas, E., Chandia, V., Cisneros-Zevallos, L., 2002. Thermal Inactivation Kinetics of Peroxidase and Lipoxygenase from Broccoli, Green Asparagus and Carrots. *Journal of Food Science*, 67(1), 146-154.
- Moreira, G.R., Castell-Perez, E.M., Barrufet, M.A., 1999. *Deep Fat Frying: Fundamentals and Applications*. Gaithersburg, Md : Aspen.
- Moreno, M., Bouchon, P., 2008. A Different Perspective to Study the Effect of Freeze, Air, and Osmotic Drying on Oil Absorption During Potato Frying. *Journal of food science*, 73(3), E122-E128.
- Moyano, P.C., Pedreschi, F., 2006. Kinetics of Oil Uptake During Frying of Potato Slices: Effect of Pre-Treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3), 285-291.
- Naz, S., Siddiqi, R., Sheikh, H., Sayeed, S.A., 2005. Deterioration of Olive, Corn and Soybean Oils Due to Air, Light, Heat and Deep-Frying. *Food Research International*, 38(2), 127-134.
- Neves, F.I., Vieira, M.C., Silva, C.L., 2012. Inactivation Kinetics of Peroxidase in Zucchini (*Cucurbita Pepo* L.) by Heat and Uv-C Radiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 158-162.
- Ouchon, P., Aguilera, J., Pyle, D., 2003. Structure Oil-Absorption Relationships During Deep-Fat Frying. *Journal of Food Science*, 68(9), 2711-2716.
- Ouchon, P., Pyle, D., 2004. Studying Oil Absorption in Restructured Potato Chips. *Journal of Food Science*, 69(3), 115-122.
- Pedreschi, F., Hernández, P., Figueroa, C., Moyano, P., 2005. Modeling Water Loss During Frying of Potato Slices. *International journal of food properties*, 8(2), 289-299.
- Pedreschi, F., Moyano, P., 2005. Effect of Pre-Drying on Texture and Oil Uptake of Potato Chips. *LWT-Food Science and Technology*, 38(6), 599-604.
- Peirce, L.C., 1987. *Vegetables. Characteristics, Production, and Marketing*. John Wiley and sons.
- Peryam, D.R., Pilgrim, F.J., 1957. Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences. *Food technology*.
- Pinthus, E., Weinberg, P., Saguy, I., 1995. Oil Uptake in Deep Fat Frying as Affected by Porosity. *Journal of Food Science*, 60(4), 767-769.
- Raoult-Wack, A., 1994. Recent Advances in the Osmotic Dehydration of Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 5(8), 255-260.

- Rastogi, N., Raghavarao, K., Niranjana, K., Knorr, D., 2002. Recent Developments in Osmotic Dehydration: Methods to Enhance Mass Transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 13(2), 48-59.
- Resurreccion, A.V., 2007. 13 Consumer Sensory Testing for Food Product Development. *Developing New Food Products for a Changing Marketplace*, 365.
- Richardson, T., Hyslop, D.B., (1985). *Enzymes. Food Chemistry*.
- Robertson, A.R., 1977. The Cie 1976 Color-Difference Formulae. *Color Research & Application*, 2(1), 7-11.
- Rubnov, M., Saguy, I., 1997. Fractal Analysis and Crust Water Diffusivity of a Restructured Potato Product During Deep-Fat Frying. *Journal of Food Science*, 62(1), 135-137.
- Saguy, I.S., Dana, D., 2003. Integrated Approach to Deep Fat Frying: Engineering, Nutrition, Health and Consumer Aspects. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 143-152.
- Sahin, S., 2000. Effects of Frying Parameters on the Colour Development of Fried Potatoes. *European Food Research and Technology*, 211(3), 165-168.
- Sevgican, A., 2003. "Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Genişletilmiş 2". Basım. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Shi, X.Q., Maupoey, P.F., 1994. Mass Transfer in Vacuum Osmotic Dehydration of Fruits: A Mathematical Model Approach. *LWT-Food Science and Technology*, 27(1), 67-72.
- Shyu, S.L., Hwang, L.S., 2001. Effects of Processing Conditions on the Quality of Vacuum Fried Apple Chips. *Food Research International*, 34(2-3), 133-142.
- Simpson, M.G., 2010. 1 - Plant Systematics: An Overview. *Plant Systematics (Second Edition)*. Academic Press: 3-16.
- Sobukola, O. P., Awonorin, S.O., Oladimeji, S.L., Olukayode, B., 2010. Optimization of Pre-Fry Drying of Yam Slices Using Response Surface Methodology. *Journal of food process engineering*, 33(4), 626-648.
- Sobukola, O.P., Awonorin, S.O., Sanni, L.O., Bamiro, F.O., 2008. Deep-Fat Frying of Yam Slices: Optimization of Processing Conditions Using Response Surface Methodology. *Journal of food processing and preservation*, 32(3), 343-360.
- Song, X., Zhang, M., Mujumdar, A.S., 2007. Optimization of Vacuum Microwave Predrying and Vacuum Frying Conditions to Produce Fried Potato Chips. *Drying technology*, 25(12), 2027-2034.

- Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, S.M., Shahidi, F., 2012. The Effect of Methylcellulose, Temperature, and Microwave Pretreatment on Kinetic of Mass Transfer During Deep Fat Frying of Chicken Nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1521-1530.
- Soysal, Ç., Söylemez, Z., 2005. Kinetics and Inactivation of Carrot Peroxidase by Heat Treatment. *Journal of Food Engineering*, 68(3), 349-356.
- Taiwo, K., Baik, O., 2007. Effects of Pre-Treatments on the Shrinkage and Textural Properties of Fried Sweet Potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 40(4), 661-668.
- Torreggiani, D., 1993. Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable Processing. *Food Research International*, 26(1), 59-68.
- Ufheil, G., Escher, F., 1996. Dynamics of Oil Uptake During Deep-Fat Frying of Potato Slices. *LWT-Food Science and Technology*, 29(7), 640-644.
- Van Loon, W.A., Visser, J.E., Linssen, J.P., Somsen, D.J., Klok, H.J., Voragen, A.G., 2007. Effect of Pre-Drying and Par-Frying Conditions on the Crispness of French Fries. *European Food Research and Technology*, 225(5-6), 929-935.
- Vitrac, O., 2000. Caractérisation Expérimentale Et Modélisation De L'opération De Friture. . Massy, France: Ecole Nationale Supérieure Des Industries Agricoles Et Alimentaires. Ph.D. Thesis.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şehriban Gül ÖZÇELİK  
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1991  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : sehribangulozcelik@gmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Isparta Milli Piyango Anadolu Lisesi, 2005-2009.  
Lisans : SDÜ, Gıda Mühendisliği, 2009-2013

### Ulusal Bildiriler

1. Turan, M.S., Cabi, Ş., Özçelik, Ş.G., 2013. Güz Pekmezi (Kavun Pekmezi) Üretimi. İç Anadolu Bölgesi 1. Tarım ve Gıda Kongresi, 2-4 Ekim 2013, Niğde.

### Uluslararası Bildiriler

1. Özçelik, Ş.G., Turan, M.S., Karacabey, E., Baltacıoğlu, C., Küçüköner, E., 2015. The Effect of Refrigerated Storage on Microwave Pre-dried Carrot and Zucchini Chips. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 01-04 October 2015, Sarajevo/ Bosnia and Herzegovina.
2. Turan, M.S., Özçelik, Ş.G., Karacabey, E., Baltacıoğlu, C., Küçüköner, E., 2015. The Influences of Storage on Conventionally Pre-Dried Carrot and Zucchini Slices. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 01-04 October 2015, Sarajevo/ Bosnia and Herzegovina.
3. Özçelik, Ş.G., Turan, M.S., Karacabey, E., Küçüköner, E., 2014. The Effect of Process Traditional Method On The Chemical Composition of Cape Goose Berry Jam. 2<sup>th</sup> International Congress On Food Technology, 05-07 November 2014, Kuşadası/Turkey.

## **Bursiyer Olarak Görev Alınan Projeler**

1. Özçelik, Ş.G. (2014-2015). Kabak ve Havuç Sebzelerinin Farklı Tekniklerle Kurutulmasının Daldırarak Kızartma İşlemi Üzerine Etkileri. Proje No: 113R015.

