

Kızartılmış Kabak Dilimi Üretiminde Mikrodalga Destekli Ön Kurutma ve Derin Kızartma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

Erkan Karacabey¹, Şehriban Gül Özçelik¹, Merve Seçil Turan¹, Cem Baltacıoğlu², Erdoğan Küçüköner¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

²Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Niğde

Geliş Tarihi (Received): 04.01.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 11.04.2016

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): erkankaracabey@sdu.edu.tr (E. Karacabey)

☎ 0 246 211 16 24 📠 0 246 237 08 59

ÖZ

Mevcut çalışmanın ana amacı kızartma işlemi öncesi mikrodalga destekli kurutma işlemi ile kızartılmış kabak dilimlerinin yağ emiliminin azaltılmasıdır. Bu bağlamda mikrodalga destekli kurutma ve kızartma işlem koşullarının ön kurutulmuş kızartılmış kabak dilimlerinin nem, yağ içerikleri, kırma kuvveti değeri ve renk değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yanıt yüzey yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen istatistiksel analiz, işlem değişkenleri ile incelenen yanıtlar arasında önemli bir istatistiksel ilişki olduğunu göstermiştir ($p \leq 0.05$). İşlem parametrelerinin optimizasyonu sonucunda elde edilen optimum koşullara (%10 ağırlık kaybı, 159°C kızartma sıcaklığı ve 180 saniye kızartma süresi) göre kızartılmış kabak dilimlerinin yağ içeriklerinde kızartma öncesi mikrodalga destekli kurutma işlemi ile %33'den fazla bir azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nem içeriği, Yağ içeriği, Kırma kuvveti, Kalite güvence

Optimization of Microwave-Assisted Predrying and Deep Frying Conditions in Production of Fried Zucchini Slices

ABSTRACT

Main objective of this present study was to reduce the fat content of fried zucchini slices with microwave assisted drying step before frying. In this regard, the effects of microwave assisted drying and deep-fat-frying conditions on moisture and oil contents, breaking force and color parameters of pre-dried and fried zucchini slices were determined. Statistical analysis with response surface methodology showed that a significant correlation was found between investigated responses and process variables ($p \leq 0.05$). Based on the optimal conditions (10% for weight loss, 159°C for frying temperature, and 180 seconds for frying time) produced by the optimization of process conditions, more than 33% reduction in fat content of fried zucchini slices was obtained by microwave assisted drying before frying.

Keywords: Moisture content, Oil content, Breaking force, Quality assurance

GİRİŞ

Günümüzde gıdaların pişirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi kızartma, bunun içerisinde de en başta gelenlerden birisi de yağa daldırarak kızartma yöntemidir. Yağa daldırarak (derin) kızartma tekniği, suyun kaynama noktası üzerindeki sıcaklıktaki yenilebilir yağın içerisinde ürünün kısmen veya tamamen kurutulması olayıdır. Yüksek sıcaklıktaki yağ içerisinde daldırılan hammaddeye kızartma işlemi sırasında eş zamanlı olarak ısı enerjisi transferi ve buna eşlik eden ürün içerisinden dışarı doğru hızlı bir şekilde su transferi gerçekleşmektedir [1]. İşlem koşullarına bağlı olarak yüksek hızda ısı ve kütle transferi gerçekleşirken, buna bağlı olarak pişirme, renk, tekstür ve aromada etkin bir gelişim gerçekleşmektedir. Böylece işlenmiş üründe homojen bir renk, aroma ve tekstür elde edilmektedir [2]. Kızarmış ürünün karakteristiklerindeki değişimlerin yanı sıra yüksek oranda yağ emilimi de gerçekleşmektedir. Ancak yüksek oranda yağ içeriği üreticiler açısından ekonomik anlamda, tüketiciler açısından ise sağlık açısından sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle son dönemde hem üreticilerin hem de tüketicilerin ilgisi düşük yağ içerikli gıdalara yönelmiştir. Sonuç olarak düşük yağ içeriğine sahip gıdaların üretimine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır [3]. Bu amaca yönelik olarak gerçekleştirilen ilk çalışmalarda farklı katkı maddeleri kullanılarak gerçekleştirilen kızartma uygulamalarında patates cipslerinde %30'a kadar bir azalma sağlanmıştır. Yine bu çalışmalarda bu uygulamalar sonucunda elde edilen ürünlerin duyu özelliklerinde önemli bir değişiklik olmadığı da rapor edilmiştir [4, 5]. Bu çalışmaların devamı olarak Krokida ve ark. [3] araştırmalarında hidrokolloidlerin ve modifiye nişastaların etkilerini incelemişlerdir. Kızarmış ürünlerin yağ emilim oranlarının düşürülmesine yönelik farklı teknikler kullanılarak araştırmalar devam etmiş, değişen oranlarda başarı sağlanmıştır. Meyers [6] kızartma işleminde nem seviyesinin önemli olduğunu vurgulamış ve %10 seviyesine düştüğünde kızartma işlemini sonlandırıp, devamında kızgın buharı son işlem basamağı olarak kullanmıştır. Yine bir başka çalışmada da yumru köklerden cips üretiminde yumru dilimlerinin başlangıç nem değerlerinin kızartma işlemi sonucunda yağ emilim oranı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir [7]. Bu nedenle kızartma işlemi öncesi nem seviyesinin kurutma işlemleri ile düşürülmesinin yağ emilim oranının kontrol edilmesinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu yönde Sobukola ve ark. [8] ve Song ve ark. [2] çalışmalarında nihai kızarmış ürünün yağ miktarı üzerine işlemlerin önemli olduğunu belirtmişler ve önkurutmanın bu bağlamda yağ emilimini sınırlandırma önemli bir ön işlem olduğunu göstermişlerdir. Literatür araştırmaları özellikle patates ürünlerinde yağ emiliminin sınırlandırılmasında ön işlem uygulamalarına, özellikle önkurutma çalışmalarına ve uygulamaların optimizasyonuna yönelik raporlar olmakla birlikte, kızartılmış ürün grubunda önemli bir ürün olan kabak sebzesine yönelik çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın ana amacı daldırarak kızartma işleminde yağ emilimi üzerine mikrodalga destekli kurutma uygulamasının etkilerinin incelenmesi ve nem, yağ içerikleri, tekstürel özelliklerle ve renk parametreleri gibi

kalite kriterlerine göre işlem koşullarının optimize edilmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Kızartmaya uygun, yazlık kabaklar içerisinde yer alan ve ülkemizde de yaygın üretimi ve tüketimi yapılan Sakız kabağı (*Cucurbita pepo* L. cv. Sakız) kullanılmıştır. Kabaklar aynı üreticiden aynı çeşit olarak temin edilmiştir. Kabaklar Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına getirilmiştir. Kabaklar uygulamalar öncesi yıkanmış, dilimlenmiştir (Arisco, HBS-200, Türkiye). Dilim kalınlığı ön denemelerle tüketici beğenisine göre belirlenmiş tüm denemelerde sabit (3 mm) tutulmuştur. Kabak dilimleri önkurutma uygulamaları öncesi 85°C'deki su içerisinde 1.5 dakika süre ile haşlama işlemine tabi tutulmuştur.

Mikrodalga Destekli Kurutma ve Daldırarak Kızartma

Dilimlenmiş ve haşlanmış 100 g örnek tek katman olacak şekilde mikrodalga fırın tepsisine dizilmiş ve ortam sıcaklığı ayarlanabilen mikrodalga sistemi (Milestone, Dry DIST, ABD) içerisinde 50°C'de hedeflenen ağırlık kaybına ulaşılan kadar kurutulmuştur. Ağırlık kaybının değişimi tepsi 3 dakika aralıkla çıkartılarak tespit edilmiştir. Hedef ağırlık kaybına ulaşıldığında kurutma sonlandırılmıştır. Hedef değere ulaşılan kadar kurutulan örnekler optimizasyon şartları sağlanarak kızartma işlemine tabi tutulmuştur.

Kısmi kurutulmuş havuç dilimleri 3 L ayçiçek yağında (Marsa Yağ Endüstrisi, İstanbul, Türkiye) deneme deseninde belirlenmiş olan kızartma koşullarında endüstriyel tip fritözde (REMTA, R-91, Türkiye) kızartılmıştır. Kızartma işleminden sonra kabak dilimleri tel üzerinde tutularak ve devamında kâğıt havlu ile kurularak yüzey yağının uzaklaşması sağlanmıştır. Kızartılacak yağ her denemede değiştirilmiştir. Kabak dilimleri (100 g) haşlama işlemi sonrasında ön denemelerde duyu analiz sonucunda en yüksek beğeni kazanan uygulamaya göre 180°C'de yağ içerisinde 1 dakika süre ile önkurutma uygulaması olmaksızın kızartılmıştır. Direkt kızartılmış kabaklar kontrol grubu olarak değerlendirilmiş, optimizasyon çalışmasında deneme desenindeki tüm uygulamalar sonrası elde edilen kızarmış kabak dilimleri ile birlikte aynı analizlere (% nem, % yağ, kırma kuvveti, CIE L*, a* ve b*) tabi tutulmuştur. Direkt kızartılmış kabak dilimlerinin analiz sonuçları optimizasyonda hedef değerler olarak kullanılmıştır. Referans yağ, nem, kırma kuvveti, L*, a* ve b* değerleri sırası ile %34.4, %40.9, 50.4 g.kuvvet, 62.2, 2.00 ve 25.0 olarak belirlenmiştir.

Deneme Deseni

Çalışmada yanıt yüzey yöntemi işlem koşullarının optimizasyonunda kullanılan istatistiksel yöntemdir. Optimizasyon amacıyla bağımsız değişken olarak tanımlanmış olan proses parametrelerine ait değerler ve

bunlara karşılık gelen kodlanmış değerler Tablo 1'de sunulmuştur. Her bir değişken üç seviyede deneme deseninde yer almıştır. Çalışmadaki bağımsız değişkenler olarak mikrodalga destekli kurutma işleminde ağırlık kaybı (%), X_1), ve kızartma uygulamasındaki sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$, X_2) ve süre (sn, X_3) seçilmiştir. Toplam 27 uygulamadan oluşan deneme deseni Tablo 2'de ve her uygulamaya karşılık ölçülmüş

olan bağımlı değişkenler (nem içeriği (%), yağ içeriği (%), yağ ağırlıkta), kırma kuvveti (g.kuvvet), ve yüzey renk parametreleri (L^* , a^* ve b^*)) Tablo 3'de verilmiştir. Deneysel veriler Minitab (Minitab 15.1.0.0, Minitab Inc. PA, ABD) istatistik paket programı ile analiz edilmiş, yanıtlar ikinci dereceden polinom (1) ifade kullanılarak bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak modellenmiştir.

Tablo 1. Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun optimizasyon değişkenleri ve seviyeleri

Değişkenler	Gerçek / Kodlanmış Değişken Değerleri		
Mikrodalga İşlem Ağırlık Kaybı (%)	10 / -1	15 / 0	20 / 1
Kızartma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	140 / -1	160 / 0	180 / 1
Kızartma Süresi (sn)	30 / -1	105 / 0	180 / 1

Tablo 2. 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
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

$$Z = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=2}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Eşitlikte Z bağımlı değişkeni (yanıt), β_0 model içerisindeki sabit değeri, β_i birinci dereceden bağımsız değişkenlerin katsayılarını, β_{ii} ikinci dereceden bağımsız değişkenlerin katsayılarını ve β_{ij} değişkenler arası etkileşimlere ait katsayıları ifade etmektedir. Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak yanıtlara ait yanıt yüzeyleri OriginPro 2015 (ver. b9.2.257, OriginLab Co. Northampton, MA, ABD) kullanılarak çizilmiştir. Yanıtlar için optimum işlem koşullarının belirlenmesinde direkt kızartılmış kabak dilimlerinde ölçülmüş olan değerler hedef olarak kullanılmış, yağ emilimi ise minimize edilmiştir.

Nem ve Yağ Tayini

Kızarmış kabak dilimlerinin nem miktarının belirlenmesi için örnekler öğütüldükten sonra yaklaşık 5 g tartılmış, 105°C 'deki etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Ağırlık farkından nem içeriği hesaplanmıştır. Analiz iki tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Yağ miktarı analizinde heksan ekstraksiyon çözgeni olarak kullanılmıştır. Örnekler ekstraksiyon öncesi kurutulmuş ve öğütülmüştür. Soxhlet sisteminde 5 saat ekstraksiyon gerçekleştirilmiş, yağ içeriği yağ ağırlıkta % olarak hesaplanmıştır. Analiz iki tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir.

Kırma Kuvveti

Kızarmış kabak dilimlerinin kırma kuvvetini ölçmek için tekstür analiz cihazı (TA-XTPlus, Stable Micro System Co. Ltd., Godalming, Birleşik Krallık) kullanılmıştır. Kabak dilimlerini kırmak için gerekli kuvveti ölçmek için

bıçak uç (A/LKB) kullanılmıştır. Ölçüm sırasında uç hareket hızı 1 mm/sn ve platformdan başlangıç uzaklığı 25 mm olarak belirlenmiştir. Kırma kuvveti *g* kuvvet olarak ölçülmüştür. Tekstür analizi kızartma işlemini takiben 5 farklı dilimde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Mikrodalga kurutma-kızartma entegrasyonunun uygulandığı denemelere ait analiz sonuçları

Deneme Sırası	Nem (%)	Yağ (%) ^a	Kırma Kuvveti, <i>g</i> kuvvet	L*	a*	b*
1	74.76	9.65	371.6	71.59	-1.40	32.56
2	22.72	47.61	206.5	38.77	12.16	17.68
3	60.02	16.00	234.4	67.22	6.24	33.07
4	37.87	27.24	304.9	57.68	12.10	26.45
5	77.59	7.92	168.0	74.58	-1.65	27.90
6	63.85	12.87	111.0	60.01	7.40	29.32
7	33.92	39.22	169.7	40.71	15.98	17.50
8	84.70	5.55	823.9	69.68	-2.97	22.68
9	64.99	11.08	444.7	54.39	11.92	28.29
10	49.04	20.53	348.0	51.91	11.50	22.55
11	62.99	14.29	331.1	64.24	6.92	29.94
12	74.88	7.62	182.1	70.84	-0.66	33.51
13	87.08	2.77	529.5	71.03	-2.44	25.62
14	75.50	7.20	240.5	67.31	0.95	28.97
15	89.50	2.23	980.0	68.17	-3.62	24.46
16	57.54	14.70	297.9	58.09	8.93	28.10
17	78.90	5.37	188.4	69.01	-1.45	28.77
18	85.74	4.08	560.4	66.10	-1.58	26.87
19	32.47	34.42	107.5	49.32	13.16	22.68
20	66.34	10.67	98.8	70.43	2.20	29.59
21	80.70	4.00	826.2	71.51	-2.06	22.79
22	86.14	2.64	937.0	71.59	0.04	27.06
23	85.73	4.00	937.0	73.29	-2.18	27.04
24	84.70	3.85	408.3	73.25	-2.97	28.44
25	74.56	6.72	591.0	70.34	-1.05	32.98
26	88.32	2.40	836.1	66.74	-2.06	27.16
27	93.84	1.85	666.8	67.32	-2.99	22.56

^a: Yağ oranı yüzde (%) olarak yağ ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Yüzey Renginin Ölçülmesi

Kızarmış kabak dilimlerinin yüzey renk parametreleri (L*, a* ve b*) renk ölçer (NH310, 3nh, Shenzhen 3nh Tech. Co., Ltd. Çin) ile ölçülmüştür. Cihaz her ölçümden önce beyaz ve siyah standartlarla kalibre edilmiştir. Her uygulama için beş adet kızarmış kabak dilimi kullanılmış, her dilimde de her iki yüzeyde üç farklı noktada ölçümler alınmıştır. Renk ölçümleri kızartma işlemi sonrasında gerçekleştirilmiştir. Değerler 5 dilimde ortalama olarak verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA**Mikrodalga Destekli Kurutma ve Kızartma İşlemlerinin Optimizasyonu ve Modellenmesi**

Mikrodalga destekli ön kurutma kombineli kızartma işleminin kabak dilimlerinin yağ, nem, yüzey renk değerleri ve tekstürel özellikler (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 Tablo 4'te verilmiştir. Model eşitliklerinde birinci ve ikinci dereceden terimlere ek olarak kızartma işlem koşullarının bir birleriyle 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. Elde edilen modeller yanıtın işlem parametreleri ile değişimlerini en az %70 oranında açıklayabilmişlerdir.

Kızartılmış Kabak Dilimlerinin Nem ve Yağ İçeriklerinin Değişimi

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. Çalışma da kabak dilimlerinin nem değerleri kızartma işlemi sonrasında ölçülmüş, işlem parametrelerine bağlı değişimini ifade eden bir eşitlik geliştirilmiştir. Bu eşitlik ve tahmin performans değerleri Tablo 4'te özetlenmiştir. Geliştirilmiş olan modelde mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işleminde yer alan tüm bağımsız değişkenlere ait birinci dereceden tüm terimler istatistiksel olarak

önemli bulunmuşlardır ($p \leq 0.05$). Ayrıca kızartma işlem koşulları arasındaki etkileşim de önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kızarmış kabak dilimlerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere sıcaklık ve süre ile kabak dilimlerinin nem değeri arasındaki ters ilişki mevcuttur. Hem sıcaklık artışı hem de sürenin uzaması dilimden

uzaklaşan su miktarında artışa neden olmaktadır. Öte yandan nem değeri üzerinde Şekil 1'de kızartma sıcaklık ve süresi arasındaki etkileşimli etki de görülmektedir. Yüksek sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirilen kızartma işlemlerinde suyun yapıdan daha fazla oranda uzaklaştırıldığı görülmektedir. Elde edilen modelde de sıcaklık süre arası etkileşim önemli bulunmuştur.

Tablo 4. Kızartılmış ürün özelliklerinin proses değişkenlerine bağlı model performans parametreleri ve model sabitleri

Model Sabitleri	Nem		Y.O.		Kırma Kuvveti		L*		a*		b*	
	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri	Model Sabiti	p değeri
İntersept	88.4	***	25.0	***	1203	***	-152.5	***	-9.47	***	-197.7	***
AK	-0.651	*	0.392	ns	2.84	ns	-0.102	ns	0.094	ns	1.94	ns
KzSc	0.096	***	-0.2018	***	-1.10	ns	2.68	***	0.0257	***	2.453	***
KzSr	0.782	***	-0.706	***	-10.28	***	0.735	***	-0.2491	***	0.5081	ns
AK*AK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.0628	ns
KzSc*KzSc	-	-	-	-	-	-	-0.00784	*	-	-	-0.00725	**
KzSr*KzSr	-	-	-	-	0.0305	**	-	-	-	-	-	***
KzSc*KzSr	-	***	0.005220	***	-	-	-	***	0.001969	***	-	***
0.00635							0.005060				0.002231	
Regresyon		***		***		***		***		***		***
R ²		92.4		89.5		79.5		90.9		88.9		80.1
R ² _{adi}		91.0		87.6		75.8		88.7		86.9		72.8

*, $p \leq 0.05$; **, $p \leq 0.01$; ***, $p \leq 0.001$; ns: istatistiksel olarak önemsiz. AK: Ağırlık Kaybı (%), KzSc: Kızartma Sıcaklığı (°C), KzSr: Kızartma Süresi (saniye). Nem: Yüzdece (%) nem oranı; Y.O.: Yüzdece (%) yağ ağırlık üzerinden yağ oranı

Kabak dilimlerinin uygulanan mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işlemine bağlı yağ absorpsiyon oranının değişimi Tablo 4'teki ilgili model ile ifade edilmiştir. Tablodaki modele ait terimler incelendiğinde birinci dereceden sadece kızartma sıcaklık ve süresi önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kızartma işleminin değişkenlerinin bir birleriyle etkileşimlerinin sonucunda meydana gelen yağ oranındaki değişimi ifade eden terimde yine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Kabak dilimlerinin yağ içeriğinin kızartma işlem koşullarına bağlı değişimi Şekil 2'de gösterilmektedir. Kızartma işleminin düşük sıcaklık ve sürelerdeki uygulamaları yağ oranı açısından en düşük değere sahip kabak dilimleri elde edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu durum yukarıda 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 1 ve Şekil 2 bir arada incelendiğinde de görülmektedir. Literatürde de benzer sonuçlar ifade edilmiştir. Song ve ark. [2] çalışmalarında nem değerindeki azalmaya paralel olarak yağ değeri bir artış tespit etmişlerdir. Kızartma süresi ile meydana gelen bu artışın nem yağ ilişkisi ile açıklanabileceğini rapor etmişlerdir. Benzer ilişki havuç dilimlerinde de gözlenmiştir. Dueik ve ark. [9] ve Mariscal ve Bouchon [10] çalışmalarında kızartma sıcaklık, süre etkisi ve kızartma işlemi sırasında yüksek sıcaklıkların tetiklediği yapısal değişimlerin yağ emilim oranı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Kızartılmış Kabak Dilimlerinin Tekstür ve Renk Değişimlerinin Değişimi

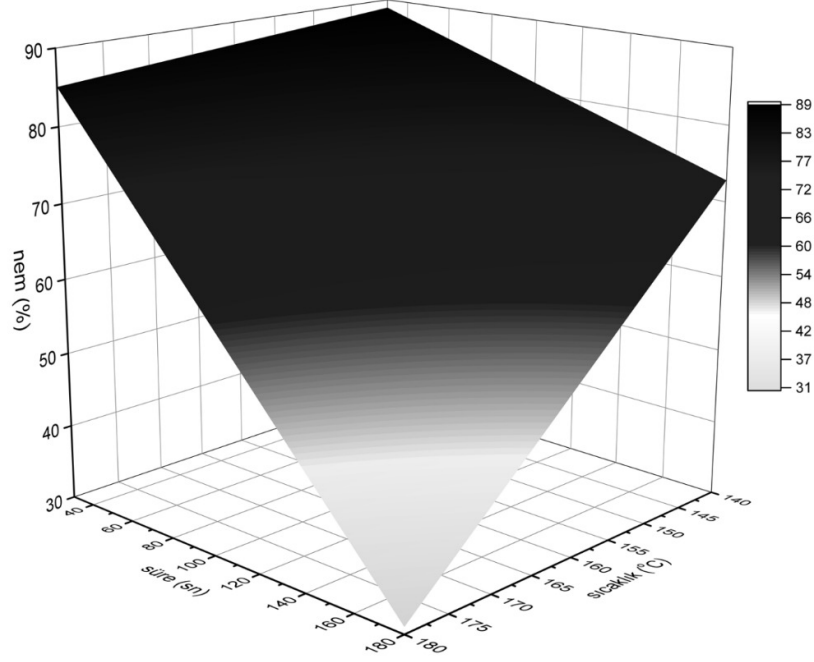
Kabak dilimlerinin kırma kuvveti değerlerinin uygulama değişkenleriyle ilişkisinin değerlendirildiği regresyon analizi ve sonucunda elde edilen model istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Ayrıca model içi terimler incelendiğinde birinci ve ikinci dereceden kızartma süresi terimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kızartma sıcaklığı ve kurutma işlemindeki ağırlık kaybı oranı ise önemsizdir ($p > 0.05$).

Şekil 3 kabak dilimlerinin kesme sertliği değerlerinin kızartma işlem koşullarının etkisi altında değişimini göstermektedir. Elde edilen modelde olduğu gibi Şekil 3'de de sürenin önemli etkisi görülürken, sıcaklık değişiminin kırma kuvveti üzerinde önemli bir fark yaratmadığı görülmektedir.

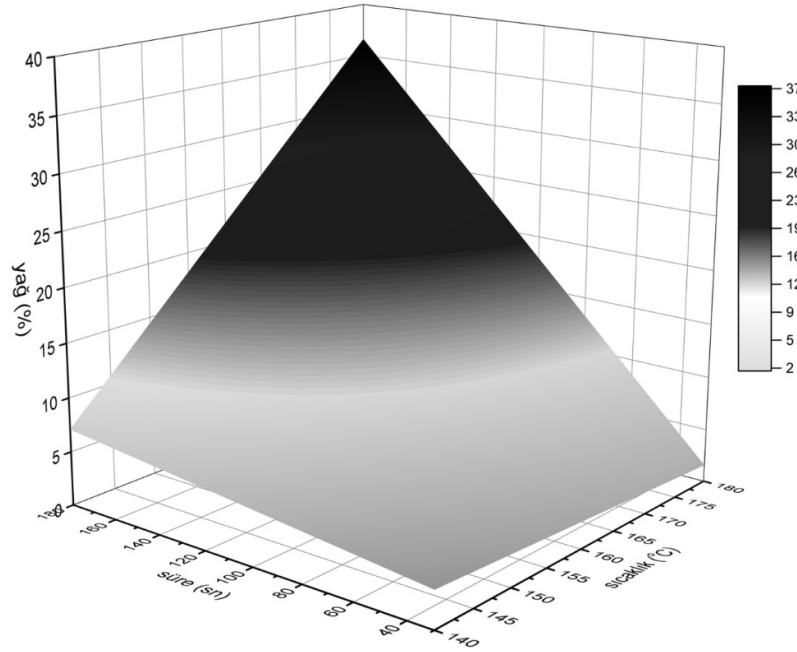
Kızartma işleminin kabak dilimlerinin kırma kuvvetini azaltıcı etkisinin ürünün bünyesinden uzaklaşan su ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yapıdan suyun uzaklaşması ile kızartılmış dilimler gevreklik kazanmış, buna paralel olarak sertliğinde diğer bir ifade ile kırma kuvveti değerinde önemli düzeyde azalma görülmüştür. Ancak uzun süreli kızartma işlemlerinde kabak dilimlerinin kırma kuvveti değerlerinde kısmen bir artış tespit edilmiştir. Çalışmadaki sonuçlara benzer olarak Dueik ve ark. [9] kurutma işlemi kombineli kızartma uygulaması ile havuç çipsi üretiminde rapor etmişler, kızartma süresi ile havuç çipslerinin sertlik değeri arasında ters bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada uzun kızartma sürelerinde sertlik değerinde kabuk oluşumuna bağlı olarak artış olduğu ifade edilmiştir. Diğer bir çalışmada da Shyu ve Hwang [11]

elmalarda kızartma süresi ve sıcaklığının ürünlerin sertliğini azaltıcı yönde etkileri olduğunu söylemişlerdir.

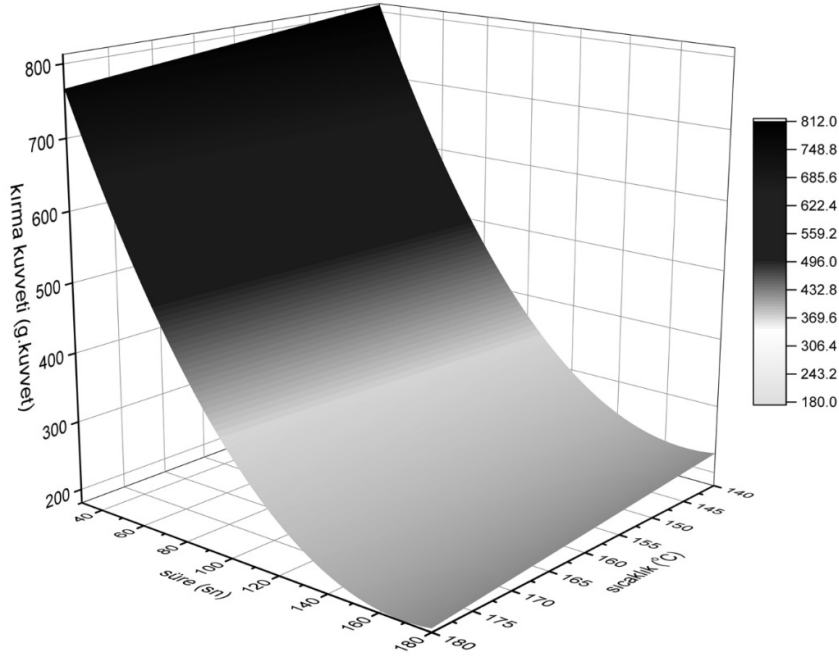
Bu etkinin yapıdan uzaklaşan su ile gevreklikteki artışın bir sonucu olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin nem değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)



Şekil 2. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin yağ değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)



Şekil 3. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin kırma kuvveti değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

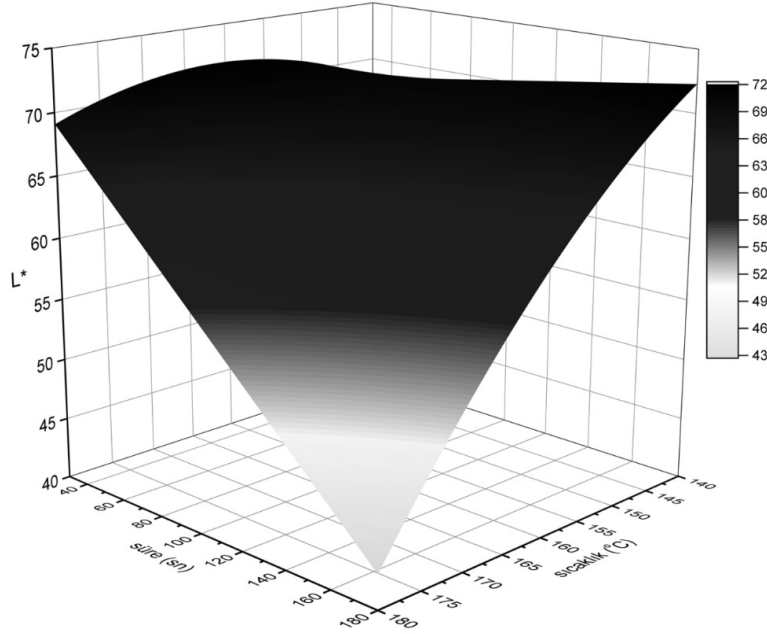
Yüzey renk değerleri ürün değerlendirmesinde tüketiciler için önemli kalite kriterleridir. Bunlardan ilki de yüzey parlaklığı hakkında bilgi veren L^* değeridir. Kızartılmış kabak dilimlerinin L^* değerlerinin mikrodalga destekli önkurutma kombineli kızartma işlem koşulları ile ilişkisini ortaya koyan model ve ilgili parametreler Tablo 4'te verilmiştir. Üretilmiş olan modelde birinci dereceden kurutma işleminde ağırlık kaybı, kızartma sürecinde sıcaklık ve süre önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Buna ek olarak kızartma sıcaklık ve süresi arasındaki etkileşimde önemlidir ($p \leq 0.05$).

Kabak dilimlerinin yüzey renk değeri L^* 'nin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Kızartma sıcaklık ve süresinin ve bunların etkileşimlerinin kabak dilimlerinin L^* değeri üzerindeki etkisi net olarak görülmektedir. Düşük sıcaklık değerlerinde sürenin artışının ve düşük kızartma sürelerinde sıcaklık artışının belirgin bir etkisi gözlenememekle birlikte yüksek sıcaklık ve süre değerlerine çıkıldıkça L^* değerindeki değişim belirginleşmiştir (Şekil 4). Burada temel etkinin yapıdan uzaklaşan su miktarı ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olduğu düşünülmektedir. Bir çalışmada Sahin [12] kızartma süresi ile kızartılmış ürün yüzey parlaklık değeri arasında ters bir ilişki olduğunu rapor etmiştir. Mariscal ve Bouchon [10] çalışmalarında elmaların atmosfer basıncı 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.

Renge ait a^* (yeşilden kırmızıya) ve b^* (maviden sarıya) değerleri ürünlerin yüzey renklerinin belirlenmesinde

kullanılan diğer renk parametreleridir. Kabak dilimlerinin yüzey rengini belirlemek için kullanılan parametrelerden olan a^* ve b^* değerlerinin uygulanan mikrodalga destekli ön kurutma kombineli kızartma işlem koşullarına bağlı değişimi incelenmiş, değişkenlere bağlı modelleri oluşturulmuştur. Model ve ilgili parametreler Tablo 4'de sunulmuştur. Renk değerlerinden a^* için geliştirilmiş olan model incelendiğinde kızartma işlem koşullarının birinci dereceden terimlerinin ve bir birleriyle etkileşimlerinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

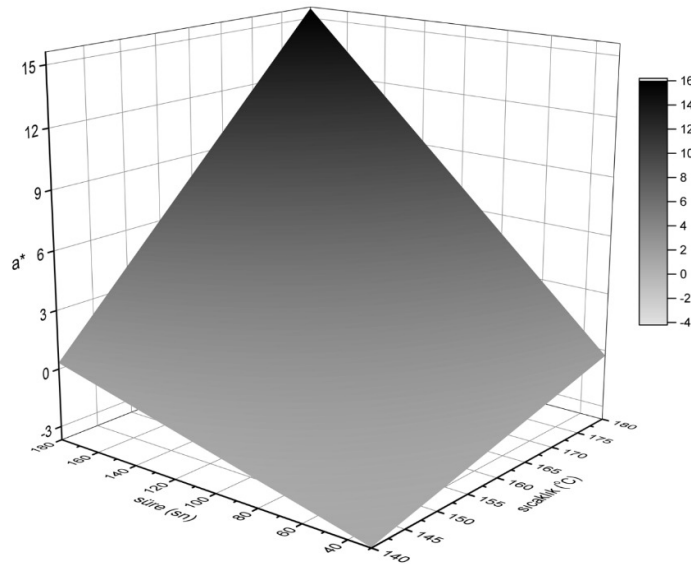
Kızartma işlem koşullarının a^* değeri üzerindeki etkisi Şekil 5'de gösterilmiştir. Kısa kızartma sürelerinde kızartma sıcaklığının a^* değeri üzerindeki etkisi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Benzer şekilde a^* değerinin süre ile değişimi de ancak yüksek kızartma sıcaklık değerlerine ulaşıldığında belirginleşmektedir. Yüksek sıcaklıklara ve uzun işlem sürelerine doğru kabak dilimlerinin a^* değerleri önemli düzeyde artmıştır (Şekil 5). Burada kızartma sıcaklık ve süresinin a^* değerini artırıcı etkisinde birincil neden kabak dilimlerinde şiddeti uygulamanın koşul değerlerine bağlı olarak değişimle birlikte enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır. Dilimlerde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu geliştikçe a^* değerinde negatiften pozitif doğru belirgin bir artış olmuştur. Shyu ve Hwang [11] ve Richardson ve Hyslop [13] çalışmalarında kızartma işlemi sonucunda a^* değerindeki artış enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Mariscal ve Bouchon [10] çalışmalarında a^* değerinin negatif değerden pozitive doğru kızartma işlem koşulları, sıcaklık ve süre ile birlikte artış gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin L* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

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 Tablo 4'te sunulmuştur. Elde edilen eşitlikte birinci dereceden sadece kızartma sıcaklığı önemli bulunmuşken ($p \leq 0.05$) 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 ($p \leq 0.05$). Kurutma işleminin değişkeni olan ağırlık kaybı ise tüm seviyelerde önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Bu sonuçlara göre kabak dilimlerinin kızartma işlem parametrelerine bağlı değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.



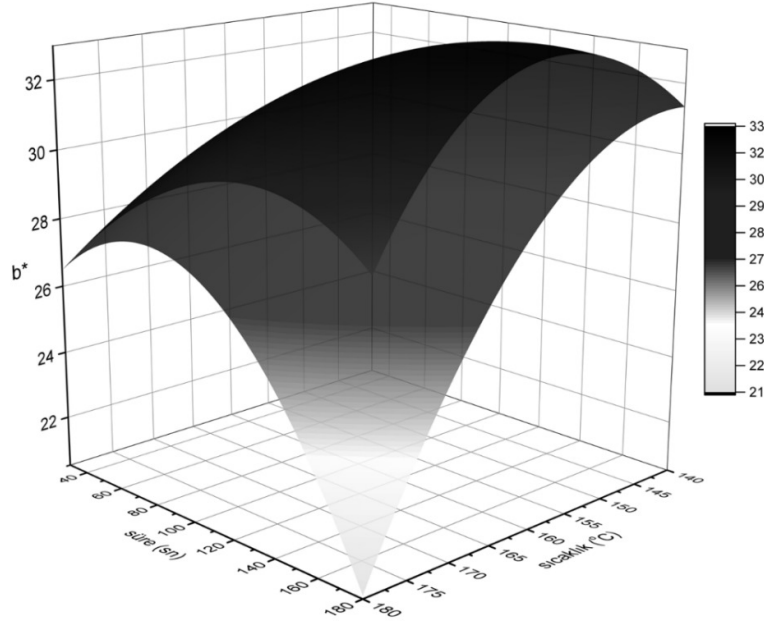
Şekil 5. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin a* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur.)

Şekil 6'da görüldüğü üzere düşük sıcaklık değerlerinde kızartma süresindeki artışla birlikte b* değerinde de önemli düzeyde artış gerçekleşmiştir. Ancak daha

yüksek kızartma sıcaklık değerindeki uygulamalarda süredeki artışla birlikte b* değerinde gözlemlenen artış daha düşük düzeyde gerçekleşmiş ve 100 saniye

civarında 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 değişim rol oynamaktadır.



Şekil 6. Mikrodalga kombineli kızartma işleminde kabak dilimlerinin b^* değerinin kızartma sıcaklık ve süresi ile değişimi (ağırlık kaybı %15 olarak sabit tutulmuştur)

Mikrodalga Destekli Kurutma Kombineli Kızartma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

Mikrodalga destekli önkurutma kombineli kızartma işleminin optimizasyonunda 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 kırma kuvvetine, yüzey renk parametrelerine ve nem, yağ oranlarına ait değerler sırası ile 86.89 g kuvvet, 62.24, 2.00, 25.03, %40.9 ve %34.37 olarak bulunmuştur. Tekstür açısından kırma kuvveti değeri, 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 belirlenmiştir. Mikrodalga destekli kurutma kombineli kızartma işleminin optimum koşulları mikrodalga fırında kurutma sırasındaki ağırlık kaybı, devamındaki kızartma işleminde ise 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 karşılaşma oranı genel ortalama olarak %75 bulunmuştur. Hedef değerler tek başlarına incelendiğinde en yüksek başarı renk parametresi L^* (>0.99), tekstürel özellik olan kırma kuvveti (0.88) için bulunmuştur. Yağ emilim oranı incelendiğinde mikrodalga destekli sistemle

gerçekleştirilen ön kurutma kombine kızartma işleminde nihai ürünün yağ oranı yağ ağırlıkta %18.77 olarak hesaplanmıştır. En yüksek beğeni alan kabak dilimlerinin yağ ağırlıkça belirlenmiş olan yağ oranına (%34) göre yağ emiliminde önemli bir azalma elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 113R015 kodlu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Fan, L.P., Zhang, M., Mujumdar, A.S., 2005. Vacuum frying of carrot chips. *Drying Technol.* 23(3): 645-656.
- [2] Song, X.J., Zhang, M., Mujumdar, A.S., 2007. Optimization of vacuum microwave predrying and vacuum frying conditions to produce fried potato chips. *Drying Technol.* 25(12): 2027-2034.
- [3] Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D., 2001. Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries. *J. Food Eng.* 49(4): 339-345.
- [4] Ang, J., 1989. The effect of powdered cellulose on oil/fat uptake during the frying of battered food products. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 66: 480-481.

- [5] Ang, J., 1990. Reduction of fat in fried foods containing powdered cellulose. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 70(6): 619-622.
- [6] Meyers, M., 1990. Functionality of hydrocolloids in batter coating systems. In *Batters and breadings in food processing*, Edited by K. Kulp, R. Loewe, K. Lorenz, J. Gelroth, Minnesota, U.S.A., 338p.
- [7] Lulai, E., Orr, P., 1979. Influence of potato specific gravity on yield and oil content of chips. *American Potato Journal* 56(8): 379-390.
- [8] Sobukola, O.P., Awonorin, S.O., Oladimeji, S.L., Olukayode, B.F., 2010. Optimization of pre-fry drying of yam slices using response surface methodology. *J. Food Process Eng.* 33(4): 626-648.
- [9] Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P., 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chem.* 119(3): 1143-1149.
- [10] Mariscal, M., Bouchon, P., 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chem.* 107(4): 1561-1569.
- [11] Shyu, S.L., Hwang, L.S., 2001. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Res. Int.* 34(2-3): 133-142.
- [12] Sahin, S., 2000. Effects of frying parameters on the colour development of fried potatoes. *Eur. Food Res. Technol.* 211(3): 165-168.
- [13] Richardson, T., Hyslop, D.B., 1985. Enzymes. In *Food Chem.*, Edited by O.R. Fennema, Marcel Dekker, New York, 991p.
-