

Kızartılmış Hamurların Farklı Kızartma Koşullarında Renk Değerlerindeki Değişimin Belirlenmesi

Şule KESKİN^{1*}

Semra TURAN¹

Rukiye SOLAK¹

ÖZET: Bu çalışmada, farklı kızartma koşullarının kızartılmış hamurların renk değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan mayalı hamurlar açılmış ve küçük parçalara ayrılıp rafine ayçiçek yağında mutfak fritözü kullanılarak kızartılmıştır. Farklı kızartma koşullarında bir günde elli kez tekrarlanan kızartma işlemi yapılmıştır. Kızartma yağı sıcaklıkları 160, 180 ve 200 °C; hamur tuz içerikleri % 0, 1 ve 2; ve kızartma süreleri 1, 3 ve 5 dakika olarak uygulanmıştır. Yanıt yüzey tekniği kullanılarak merkezi karma tasarım yöntemine göre yirmi kızartma işlemi yapılmıştır. 50. kızartmada fritözden alınan kızartılmış hamurların renk değerleri (L*, a* ve b*) belirlenmiştir. Kızartmış hamurların L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 46.84-74.73, -1.47-14.14 ve 21.18-34.52 aralığında bulunmuştur. Kızartılmış hamurların renk değerlerinde meydana gelen değişikliklerin kuadratik modele uygun olduğu belirlenmiştir. L*, a* ve b* renk değerleri için modellerin belirleme katsayıları sırasıyla 0.9232, 0.9036 ve 0.9065 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kızartma sıcaklığının kızartılmış hamurların L*, a* ve b* renk değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (p <0.05). Diğer taraftan, kızartma süresinin b* değeri ve hamur tuz içeriğinin L* değeri üzerine etkisi önemsiz olmuştur (p > 0.05). İkili etkileşimler dikkate alındığında, kızartma sıcaklığı ve hamur tuz içeriği arasındaki etkileşim a* ve b* renk değerleri için önemli bulunmuştur (p <0.05). Ayrıca, kızartma sıcaklığı ile kızartma süresi arasındaki etkileşim de a* ve L* renk değerleri üzerine etkili olmuştur (p <0.05). Sonuç olarak, kızartma koşulları kızartılmış hamurların renk değerlerini etkilemiştir.

Anahtar kelimeler: Kızartma şartları, kızartılmış hamur, renk değerleri, yanıt yüzey tekniği

Change in Color Values of Fried Doughs at Different Frying Conditions

ABSTRACT: In this study, the effects of different frying conditions on the color values of fried doughs were investigated. Leavened doughs were rolled out and cut into pieces and fried in refined sunflower oil using kitchen fryer. Fifty repeated frying operation was applied in a day at different frying conditions. Frying oil temperatures were 160, 180 and 200 °C; dough salt contents were 0, 1 and 2%; and frying times were 1, 3 and 5 minutes. Twenty frying operations were done according to central composite design under response methodology. Color values (L*, a* and b*) of the fried doughs taken from fryer at 50th frying batch were determined. L*, a* and b* values of the fried doughs were in the ranges of 46.84–74.73, -1.47–14.14 and 21.18–34.52, respectively. It was determined that the changes in the color values of fried doughs were in conformity with the quadratic model. Determination coefficients of the models for L*, a* and b* color values were 0.9232, 0.9036 and 0.9065, respectively. According to the results, the effect of frying temperature on L*, a* and b* color values of fried doughs was significant (p<0.05). On the other hand, the effect of frying time on b* value and the effect of dough salt content on L* value was not significant (p>0.05). When binary interactions were taken in to consideration, the interaction between frying temperature and dough salt content was significant for a* and b* color values. In addition to this, the interaction between frying temperature and frying time for a* and L* color values was also found significant (p<0.05). As a conclusion, frying conditions affected the color values of the fried doughs.

Keywords: Frying conditions, fried dough, color values, response surface methodology

Şule KESKİN (Orcid ID: 0000-0002-9957-3575), Semra TURAN (Orcid ID: 0000-0002-1005-3590), Rukiye SOLAK (Orcid ID: 0000-0001-5171-7587), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Şule KESKİN, sulekeskin@ibu.edu.tr

* Makalenin özeti 11-13 Nisan 2018 tarihinde Antalya’da düzenlenen “International Conference on Raw Materials to Processed Foods” da poster olarak sunulmuştur.

Geliş tarihi / Received: 04.06.2018
Kabul tarihi / Accepted: 02.11.2018

GİRİŞ

Kızartma, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan pişirme yöntemlerinden biridir. Kızartma sırasında gıda, suyun kaynama sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıktaki yağa daldırılmaktadır. Bu sırada yağ, gıda ve ortam havası arasında eş zamanlı olarak bir ısı ve kütle transferi meydana gelmektedir. Bu durum kızartılmış ürünlerin rengini ve yüzeyini etkileyen fizikokimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Bilinen en eski pişirme yöntemlerinden olan kızartma, kolay ve hızlı gıda hazırlama yöntemi olması ve son ürünün duyusal özellikleri nedeniyle evlerde ve endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Bordin ve ark., 2013; Devseren ve ark., 2016; Oyedeji ve ark., 2017; Salahi, 2018).

Kızarmış hamur bazlı ürünler Asya ve Tayland'da popüler aperatifler arasındadır. Hamurun derin yağda kızartılması sırasında, hamur tamamen kızartma yağlarıyla çevrilmektedir. Kızartma yağları, atmosferik oksijen varlığında art arda ve yüksek sıcaklıkta kullanılmaktadır (Chotimarkorn ve Silalai, 2008).

Kızarmış ürünlerin en önemli kalite kriterlerinden biri olan renk üzerine kızartma süresi ve sıcaklığı etkili olmaktadır. Ancak kızarmış ürünlerin rengi yüzeyde bulunan indirgen şekerler ve amino asitler ya da proteinlerin miktarına bağlı olarak gerçekleşen Maillard reaksiyonundan da etkilenmektedir (Devseren ve ark., 2016). Yüksek sıcaklıkta işlenen gıdaların rengi, tüketicilerin satın alma noktasında gıdalar hakkındaki algılarında etkili olduğu için önemli bir kalite kriteridir. Parlaklık (L), kırmızılık (a) ve sarılık (b) gibi renk parametreleri hammadde ve son ürün arasındaki renk değişimlerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Nourian ve Ramaswamy, 2003). Kızartılmış ürünlerin renk özellikleri üzerine yapılan araştırmalar yıllar önce başlamış olup, hala devam etmektedir.

Ölçülen renk değişiklikleri, bir gıdadaki hem kimyasal hem de kalite değişikliklerini tahmin etmek için kullanılabilir (Salahi, 2018). Yapılan bir çalışmada kızartma sırasında kanola yağının bozunmasının, kızarmış ürünün rengini nasıl etkilediği incelenmiştir. Kızartma sırasında renk parametreleri ile yağ bozunumu arasında yüksek korelasyonlar olduğu belirtilmiştir (Paul ve Mittal 1996).

Kızartma koşulları kızartılmış ürünlerin rengini önemli düzeyde etkilemektedir (Krokida ve ark., 2001a). Bu konuda yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Kızartma işleminin sarı etli manyok köklerinin tekstür ve renk parametreleri (L^* , a^* , b^* ve ΔE) üzerindeki etkilerini Oyedeji ve ark., (2017) incelemişlerdir. Renk değişimi vakum altında 118 °C ve 8 dk kızartılmış olanlarda, taze ve kurutulmuş olanlara göre çok daha az bulunmuştur. Kızartma sırasında eş zamanlı olarak gerçekleşen ısı ve kütle transferinin kızartılmış ürünlerin rengini etkileyen fizikokimyasal değişikliklere neden olduğu ifade edilmiştir (Krokida ve ark., 2001b; Bordin ve ark., 2013). Krokida ve ark. (2001b) derin yağda patates kızartılması sırasında kızartma koşullarının renk üzerine etkisini araştırmışlardır. Hunter renk skalası parametreleri (kırmızılık, sarılık ve parlaklık) kullanılarak kızartma sırasında yağ sıcaklığına, yağ tipine ve numune kalınlığına göre renk değişimleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yağ sıcaklığının ve patates kalınlığının renk üzerine etkisinin önemli olduğu, kızartmada hidrojenize yağ kullanılmasının ise önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Salahi (2018) havucun derin yağda kızartılması sırasında kızartma sıcaklığının renk değişimine etkisini araştırmıştır. Kızartılmış havuçların L^* değeri kızartma sırasında azalmıştır. a^* değeri ise kızartmanın ilk aşamalarında azalırken daha sonra artmıştır. Çalışmada kullanılan yağın sıcaklığının kızartma süresinin renk parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir.

Yağ sıcaklığı, yağ tipi ve kızartılan gıdanın bileşimi, kızartma süresi gibi proses değişkenleri, kızartılmış ürünlerin rengini etkilemektedir. Bu konuda çeşitli gıdalar üzerinde çalışmalar da yapılmış ancak kızartılmış hamurların renklerindeki değişim ile ilgili detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kızartılmış hamurların farklı kızartma koşullarında renk değerleri üzerindeki değişimler yanıt yüzey tekniği ile araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kızartma yağı olarak kullanılan rafine ayçiçek yağı, mayalı hamurların hazırlanmasında kullanılan un, instant maya, tuz ve su yerel bir marketten temin edilmiştir.

Hamurun hazırlanması ve kızartılması

Mayalı hamurların hazırlanmasında 1 kg un, 20 g toz maya, 650 mL içme suyu ve farklı oranlarda (% 0, 1, 2) tuz kullanılmıştır. Hamur ev tipi hamur yoğurucu (Kitchen Aid, Belçika) kullanılarak hazırlanmış ve 35 °C’de %80 bağıl nemde 45 dakika fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyondan sonra hamur erişte kesme makinesinde (Shule, Almanya) 0.5 ± 0.2 mm’ye inceltildikten sonra rulo şekilli 6 cm çapındaki hamur bıçağı ile 3x3 cm boyutunda kesilmiştir.

Mutfak tipi fritöze 1200 mL ayçiçek yağı konulmuştur. % 0, 1 ve 2 tuz içeriğine sahip olan mayalı hamurlar 160, 180 ve 200 °C’lerde mutfak tipi fritözde 1, 3 ve 5 dakika kızartılmıştır. Yağ sıcaklığı bir termometre ile sürekli olarak ölçülmüştür. Kızartma işleminde 3x3 cm boyutunda kesilen hamurlardan 7 tanesi hamur fritöz sepeti üzerine yerleştirilmiş ve kızgın yağ içine daldırılmıştır. Kızartma işlemi

sırasında fritözün kapağı kapalı tutulmuştur. Pişirme süresinin ilk yarısı dolduğunda kapak açılıp bir kaşık yardımıyla hamur çevrilerek hamurun diğer yüzü de pişirilmiştir. Süre sonunda sepet sallanarak hamur üzerine yapışmış olan yağ uzaklaştırılmıştır. 4 dakika beklemeden sonra ikinci parti mayalı hamur fritözde aynı koşullarda kızartılmıştır. Bu şekilde aynı yağ kullanılarak günde 50 kızartma işlemi uygulanmıştır.

Renk değerlerinin belirlenmesi

50. kızartmadan alınan hamurlar oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra rengi Minolta renk tayin cihazı ile belirlenmiştir. Cihazda a* kırmızı-yeşil rengi verirken, b* sarı-mavi rengi, L* ise aydınlık ve karanlık değerini vermektedir.

Deney Tasarımının Oluşturulması

Bu çalışmada kızartma süresinin, kızartma yağı sıcaklığının ve hamurun tuz içeriğinin kızartılmış hamurların rengi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla “Yanıt yüzey tekniği” uygulanmıştır. Merkezi Karma Tasarım (Central Composite Design) yöntemine göre deney tasarımı oluşturulmuştur. Bu amaçla; Design Expert 10.0.5 (Statease Inc., Minneapolis, ABD) programı kullanılmıştır. Deney tasarımı, -1, 0, +1 olarak 3 düzeyde ve merkez noktasında 6 tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Deney sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Tasarımdaki deney sayısı ile “Yanıt yüzey tekniği” ne göre oluşturulan deneme planı Çizelge 1’de verilmiştir.

Deney sayısı: $2k + 2k + 6$ (k: bağımsız değişken; 6: merkezdeki tekrar sayısı)

Çizelge 1. Hamurların kızartılmasında yanıt yüzey tekniği ile belirlenen deney koşulları

	Kızartma sıcaklığı (°C)	Hamurun tuz içeriği (%)	Piştirme süresi (dakika)
1	180	2	3
2	200	2	5
3	200	0	5
4	180	1	3
5	180	1	3
6	180	1	1
7	180	1	3
8	160	0	1
9	200	2	1
10	200	1	3
11	180	1	3
12	180	1	3
13	180	1	3
14	160	2	5
15	180	1	5
16	160	2	1
17	160	0	5
18	200	0	1
19	160	1	3
20	180	0	3

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kızartma öncesi tuzsuz çığ hamurun L^* , a^* ve b^* değerleri 76.58, -0.13, 20.73, % 1 tuz içeren çığ hamurun 79.04, 0.31, 20.08, % 2 tuz içeren çığ hamurun ise 81.64, -0.09 ve 20.96 olarak belirlenmiştir. Tekrarlı kızartma sayısı arttıkça hamurun L^* , a^* ve b^* değerlerinde dalgalanmalar olmuştur. 50. kızartma sonunda ise hamurların L^* değeri 46.84 ile 74.73, a^* değeri -1.47 ile 14.14, b^* değeri ise 21.18 ile 34.52 arasında değişim göstermiştir.

Kızartılmış gıdalarda önemli bir renk parametresi olan parlaklık (L^*) değerinin genellikle bir kalite kontrol belirleyicisi olarak kullanıldığı ve bu nedenle de ürünün renk kalitesi açısından kontrolünün oldukça önemli olduğu belirtilmiştir (Oyedeji ve ark., 2017). Düşük L^* değerleri koyu rengin göstergesi olup bu durumun da enzimatik olmayan esmerleşme

reaksiyonları ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Salahi, 2018).

Yaptığımız çalışmada hamurun L^* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$, Çizelge 2). Modelden A^2 ($F=0.11$, $p=0.7491$), B^2 ($F=0.30$, $p=0.5973$) ve C^2 ($F=0.18$, $p=0.6802$) etkileşimleri çıkarıldığında modelin adj R^2 ve pred R^2 değerleri yükselmiştir. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin 50. kızartma sonunda hamurun L^* değeri üzerine etkisini gösteren modelin determinasyon katsayısı (R^2) 0.9232 olarak belirlenmiştir. Bu modele ilişkin eşitlik aşağıda, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 2'de verilmiştir.

$$\text{Hamurun } L^* \text{ değeri} = 88.32 - 0.08A + 9.68B + 6.05C - 0.06AB - 0.05AC + 0.62BC \quad (1)$$

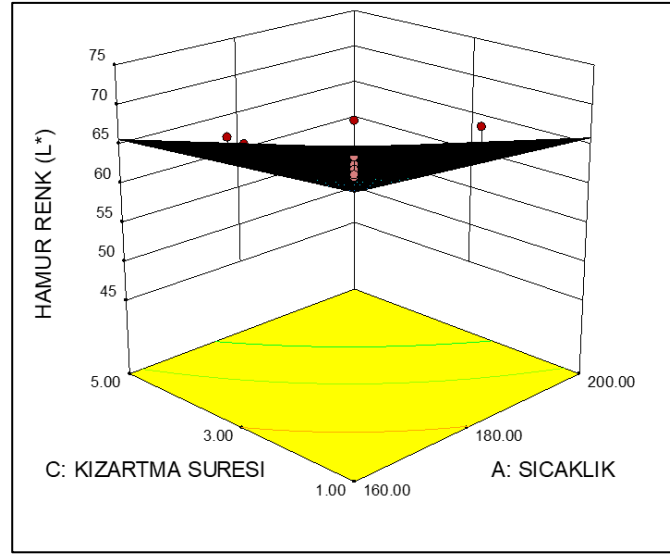
Çizelge 2. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin hamurun L* değeri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D.	K.O.	F	p
Model	9	135.43	26.06	< 0.0001*
A-sıcaklık	1	363.34	69.91	< 0.0001*
B-tuz	1	12.99	2.50	0.1379
C-kızartma süresi	1	375.80	72.31	< 0.0001*
AB	1	10.68	2.05	0.1753
AC	1	37.42	7.20	0.0188*
BC	1	12.32	2.37	0.1476
Uyum eksikliği	5	4.10	0.59	0.7595
Hata	5	6.96		
Genel	19			

S.D., Serbestlik derecesi; K.O., kareler ortalaması; *p<0.05

Kızartma yağı sıcaklığı (A) ve kızartma süresinin (C) hamurun L* değerini önemli (p<0.05) düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Kızartma süresi ve sıcaklığı arttıkça kızartılmış hamurların L* değeri düşmüştür. Buna karşın, hamurdaki tuz içeriğinin (B) hamurun L* değerine etkisi önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Kızartma sıcaklığı ile hamurun tuz içeriği (AB) ve kızartma süresi ile hamurun tuz içeriği (BC) etkileşimlerinin hamurun L* değerine etkisi önemsiz (p>0.05) bulunmuştur. Kızartma sıcaklığı ile kızartma süresinin (AC) birbirleriyle etkileşimi ise önemli olup (p<0.05), sıcaklık veya kızartma süresinin artmasıyla L* değerinde azalma görülmüştür (Şekil 1). Örneğin, % 1 tuz içeriğine sahip hamur 180 °C’de 1 dakika kızartıldığında hamurun L* değeri 71.65 iken, aynı koşullarda 5 dakika kızartılması sonucu bu değer 60.78’e düşmüştür. Aynı şekilde % 1 tuz içeriğine sahip hamur 160 °C’de 3 dakika kızartıldığında hamurun L* değeri 70.44 iken, sıcaklık aynı koşullarda 200 °C’ye çıkarıldığında hamurun L* değeri 59.71’e düşmüştür. Bordin ve ark. (2013) esmerleşmenin 150 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde jalebi adı verilen ve kızartılarak hazırlanan bir Hint tatlısında yapılan çalışmada örnekler 150 °C ve 180 °C’de kızartılmış ve ölçülen parlaklık değerlerinin sıcaklık artışıyla düştüğü görülmüştür

(Chakkaravarthi ve ark., 2014). Patates ile ilgili yapılan bir çalışmada da yağ sıcaklığının, kızartılmış patateslerin parlaklık değeri üzerinde olumsuz bir etkisi olmuştur. Kızartma sıcaklığı arttıkça, aynı kızartma süresi için parlaklıkta azalma meydana geldiği belirtilmiştir (Krokida ve ark., 2001b). Hindistan’da yapılan gulabjamun adı verilen (kızartılarak hazırlanan sütlü hamur tatlısı) tatlı üzerinde yapılan bir çalışmada kızartma süresi arttıkça yine L* değeri azalmış ve 79.86 değerinden 23.48-29.25’e kadar düşmüştür. Bu durumun Maillard reaksiyonundan ve laktozun yüksek kızartma sıcaklıklarında karamelizasyonundan kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Kumar ve ark., 2006). Oyedeji ve ark., (2017) da manyok ile ilgili yaptıkları bir çalışmada kızartma işlemindeki sıcaklık ve süre artışının L* değerlerinde düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar parlaklık çok önemli bir renk parametresi olduğundan, düşük kızartma sıcaklıklarının (özellikle vakum koşullarında), L* değerini ve dolayısıyla da kızarmış ürünlerin cazibesini korumak için tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Salahi (2018) de yaptığı çalışmada yağ sıcaklığının artırılmasının kızarmış havuçların rengi üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu ve istenmeyen koyu renkli ürünün oluşumuna neden olduğunu belirtmiştir.



Şekil 1. Kızartma sıcaklığı ile kızartma süresinin hamurun L* değeri üzerine etkisi

Kızartılmış gıdalarda istenmeyen bir parametre olan kırmızılıktaki artışın fazla kabuk oluşumunun göstergesi olduğu ve ürünün kabul edilebilirliğini düşürdüğü belirtilmiştir (Krokida ve ark., 2001a Oyedeji ve ark., 2017).

Hamurların, kırmızılığı belirten, a* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$, Çizelge 3). A² (F=0.68, $p=0.4284$), B² (F=0.12, $p=0.7401$)

etkileşimleri modelden çıkarıldığında adj R² değeri artmıştır. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin 50. kızartma sonunda hamurun a* değeri üzerine etkisini gösteren iyileştirilmiş modelin determinasyon katsayısı (R²) 0.9036 olup, modele ilişkin eşitlik ise eşitlik 2’de verilmiştir.

Hamurun a* değeri = $9.52 - 0.07A - 19.54B - 4.21C + 0.11AB - 0.04AC + 0.54BC - 0.36C^2$ (2)

Çizelge 3. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin hamurun a* değeri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D.	K.O.	F	p
Model	7	35.06	16.07	< 0.0001*
A-sıcaklık	1	91.48	41.94	< 0.0001*
B-tuz	1	49.25	22.58	0.0005*
C-kızartma süresi	1	27.07	12.41	0.0042*
C ²	1	10.63	4.87	0.0475*
AB	1	40.05	18.36	0.0011*
AC	1	17.60	8.07	0.0149*
BC	1	9.36	4.29	0.0606
Uyum eksikliği	7	2.80	2.12	0.2128
Hata	5	1.32		
Genel	19			

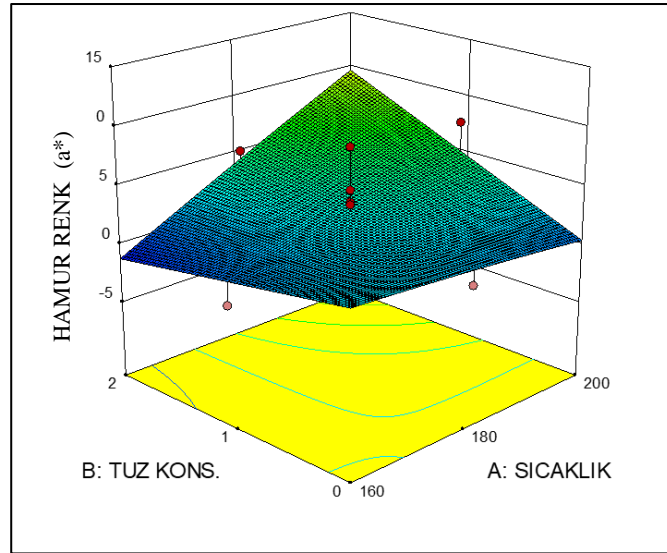
S.D., Serbestlik derecesi; K.O., kareler ortalaması; * $p < 0.05$

Kızartma yağı sıcaklığı (A), hamurun tuz içeriği (B) ve kızartma süresinin (C) tek başlarına hamurun a* renk değeri üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) olmuştur (Çizelge 3). Kızartma sıcaklığı ile hamurun tuz içeriği (AB) ve

kızartma sıcaklığı ile kızartma süresi (AC) etkileşimlerinin hamurun a* değeri üzerine etkisi önemli iken ($p < 0.05$), hamurun tuz içeriği ile kızartma süresi (BC) etkileşiminin önemsiz ($p > 0.05$) olduğu bulunmuştur. Kızartma sıcaklığı

ve hamurun tuz içeriğinin (AB), a^* değerine etkisi Şekil 2’de verilmiştir. Bu grafikte kızartma süresi 3 dakika olarak esas alınmıştır. Hamurun tuz içeriği arttıkça, yüksek sıcaklıklarda düşük sıcaklıklardakine kıyasla hamurun a^* değeri daha fazla artış göstermiştir. Örneğin, tuzsuz hamur 180 °C’de 3 dakika kızartıldığında

hamurun a^* değeri 0.20 iken, % 2 tuz içeren hamur aynı koşullarda kızartıldığında bu değer 5.03 olarak bulunmuştur. % 1 tuz içeren hamur 160 °C’de aynı süre kızartıldığında hamurun a^* değeri -1.47 olmasına karşın, 200 °C’de kızartıldığında hamurun a^* değeri 7.59 olmuştur.

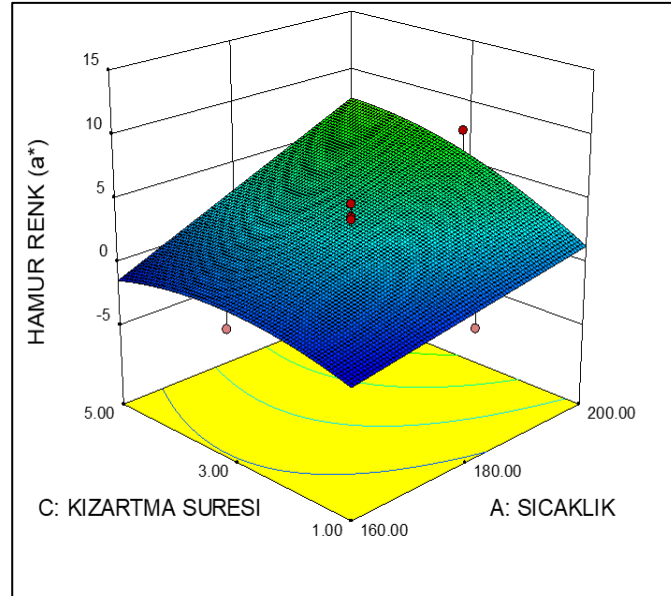


Şekil 2. Kızartma sıcaklığı ve hamurun tuz içeriğinin hamurun a^* değeri üzerine etkisi

Kızartma sıcaklığı ile kızartma süresinin (AC) hamurun a^* değeri üzerine etkisi Şekil 3’de verilmiştir. Görüldüğü gibi kızartma sıcaklığı ve süresi arttıkça hamurun a^* değeri artış göstermiştir. Örneğin 180 °C’de % 1 tuz içeren hamur 1 dakika kızartıldığında, hamurun a^* değeri -1.41, 5 dakika kızartıldığında ise bu değer 1.80 olmuştur. Krokida ve ark. (2001b) genel olarak kızartılmış patateslerde a^* değerinde artışın istenmediğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada da kızartma sıcaklığı arttıkça a^* değerinin önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Oyedeji ve ark. (2017) da kızartılmış manyokda sıcaklık arttıkça ürünlerde kırmızılığın arttığı belirtmişlerdir. Kızartma işlemlerinde kırmızılık değerindeki artış kızartma sıcaklığının ve zamanının artmasıyla

esmerleşmede artış olduğunu göstermektedir. Tatlı patatesde yapılan bir çalışmada bu durumun mevcut indirgen şekerlerin kullanılmasından kaynaklanan Maillard reaksiyonuna bağlı olabileceği ifade edilmiştir (Odenigbo ve ark., 2012). Salahi (2018) de kızartma süresi ve sıcaklığının a^* değerini artırdığını belirtmiştir.

Mayalı hamurdan yapılan tatlı çörekler, ayçiçek yağında 180, 190 ve 200 °C’de kızartılmış ve sıcaklık artışıyla çöreklerin L^* değerinin azaldığı a^* değerinin ise arttığı bulunmuştur. a^* ve L^* değerlerindeki değişim yüksek sıcaklıklarda meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşmeden ve kabuk oluşumundan kaynaklanmıştır (Vélez-Ruiz ve Sosa-Morales 2003).



Şekil 3. Kızartma sıcaklığı ile kızartma süresinin hamurun a* değeri üzerine etkisi

Hamurun b* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$, Çizelge 4). AC ($F=0.013$, $p=0.9111$) ve BC ($F=0.092$, $p=0.7673$) etkileşimleri modelden çıkarıldığında pred R^2 ve adj R^2 değerleri artmıştır. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin 50. kızartma

sonunda hamurun b* değeri üzerine etkisini gösteren modelin determinasyon katsayısı (R^2) 0.9065 olup, modele ilişkin eşitlik aşağıda eşitlik 3' de gösterilmiştir. Modele ilişkin varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4' de verilmiştir.

$$\text{Hamurun b* değeri} = 90.27 - 0.87A - 15.15B + 8.30C + 0.11AB + 2.46 \cdot 10^{-3}A^2 - 1.21B^2 - 1.29C^2 \quad (3)$$

Çizelge 4. Kızartma yağı sıcaklığı, kızartma süresi ve hamurun tuz içeriğinin hamurun b* değeri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D.	K.O.	F	p
Model	7	44.36	16.52	<0.0001*
A-sıcaklık	1	60.58	22.56	0.0005*
B-tuz	1	53.40	19.88	0.0008*
C-kızartma süresi	1	11.66	4.34	0.0592
A ²	1	2.67	0.99	0.3387
B ²	1	4.05	1.51	0.2430
C ²	1	73.52	27.37	0.0002*
AB	1	39.07	14.55	0.0025*
Uyum eksikliği	7	2.74	1.05	0.4955
Hata	5	2.61		
Genel	19			

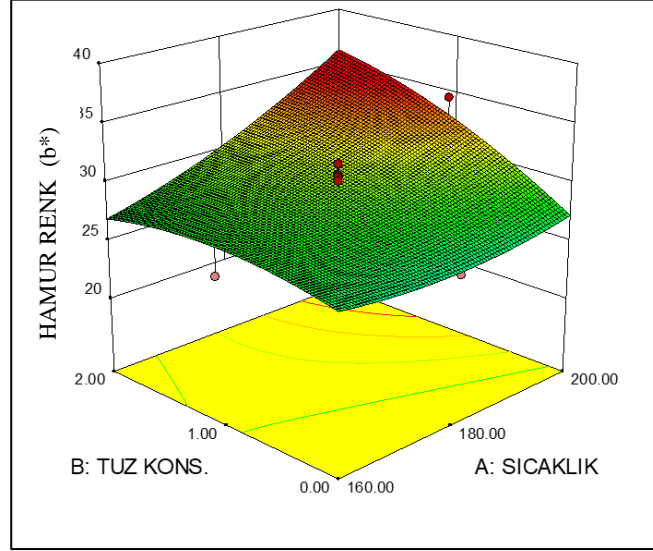
S.D., Serbestlik derecesi; K.O., kareler ortalaması; * $p < 0.05$

Kızartma yağı sıcaklığı (A) ve hamurun tuz içeriği (B) hamurun b* değerini önemli ($p < 0.05$) düzeyde etkilediği (Çizelge 4) görülmüştür. Kızartma süresinin (C) hamurun b* renk değeri

üzerine etkisi önemsiz ($p < 0.05$) iken, kızartma süresinin karesinin (C²) hamurun b* renk değeri üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Diğer taraftan kızartma sıcaklığı ile hamurun tuz

içeriği (AB) etkileşimi (Şekil 4) de önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Sıcaklık ve tuz içeriği arttıkça hamurun b^* değeri artmıştır. Şekil 4'de pişirme süresi 3 dakika olarak alınmış olup, 180 °C'de kızartma süresi 3 dakika iken, tuz içeriğinin % 0'dan % 2'ye çıkarılmasıyla

hamurun b^* değeri 25.78'den 29.99'a yükselmiştir. % 1 tuz içeriğine sahip hamur 3 dakika kızartıldığında, sıcaklığın 160 °C'den 200 °C'ye yükselmesi hamurun b^* değerini 25.66'dan 34.52'ye artırmıştır.



Şekil 4. Kızartma sıcaklığı ve hamurun tuz içeriğinin kızarmış hamurun b^* değeri üzerine etkisi

Genel olarak, yüksek b^* değerlerinin, kızartılmış ürünler için arzu edilenden daha fazla sarı renk verdiği belirtilmiştir (Salahi, 2018). Krokida ve ark. (2001b) yaptıkları çalışmada patateslerde kızartma sırasında b^* değerinin sıcaklıkla artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Kızarmış patatesler için 170 °C'ye kadar daha düşük yağ sıcaklıklarının daha az kırmızı ve daha fazla sarı renk verdiğini, sonuçta da daha kabul edilebilir ürünler elde edildiğini bulmuşlardır. Kırmızı renk gelişiminin sadece yüksek sıcaklıklarda yoğun olduğu ifade etmişlerdir. Kızartılmış manyokda da kızartma sıcaklıklarında artış ile sarı renk değeri azalmıştır (Oyedjeji ve ark.,2017).

SONUÇ

Renk bir ürünün kalitesini etkileyen önemli özelliklerden biridir. Kızarmış hamurlarda da hamur rengi ürünün tüketici tarafından beğenilirliğini etkilemektedir. Yaptığımız

çalışmada yağ sıcaklığı hamur rengini en fazla etkileyen değişken olmuştur. Kızartılmış hamurların istenilen rengini elde etmek ve istenmeyen esmerleşmeyi önlemek için uygun kızartma koşulları sağlanmalıdır. Özellikle sıcaklık ve süre seçiminde dikkatli olunması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi tarafından 2015.09.04.921 projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Bordin K, Kunitake MT, Aracava KK, Trindade CSF, 2013. Changes in Food Caused by Deep Fat Frying – A Review. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 63(1): 5-13.

- Chakkaravarthi A, Nagaprabha P, Punil Kumar H., Baby Latha R, Bhattacharya S, 2014. Jilebi 3: Effect of Frying Conditions on Physical Characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5): 865-874.
- Chotimarkorn C, Silalai N, 2008. Oxidative Stability of Fried Dough From Rice Flour Containing Rice Bran Powder During Storage. *LWT-Food Science and Technology*, 41(4): 561-568.
- Devseren E, Tomruk D, Koç M, Kaymak Ertekin F, 2016. Vakum Altında Kızartma İşleminin Gıda ve Kızartma Yağı Kalitesi Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 14(1): 43-53.
- Kumar AJ, Singh RRB, Patel AA, Patil GR, 2006. Kinetics of Colour and Texture Changes in Gulabjamun Balls During Deep-Fat Frying. *LWT-Food Science and Technology*, 39(7): 827-833.
- Krokida MK, Oreopoulou V, Maroulis ZB, Marinos-Kouris D, 2001a. Deep Fat Frying of Potato Strips-Quality Issues. *Drying Technology*, 19(5): 879-935.
- Krokida MK, Oreopoulou V, Maroulis ZB, Marinos-Kouris D, 2001b. Colour Changes During Deep Fat Frying. *Journal of Food Engineering*, 48(3): 219-225.
- Nourian F, Ramaswamy HS, 2003. Kinetics of Quality Change During Cooking and Frying of Potatoes: Part II. Color. *Journal of Food Process Engineering*, 26(4): 395-411.
- Odenigbo A, Rahimi J, Ngadi M, Wees D, Mustafa A, Seguin P, 2012. Quality Changes in Different Cultivars of Sweet Potato During Deep-Fat Frying. *Journal of Food Processing and Technology*, 3(5): 156.
- Oyedeji A, Sobukola O, Henshaw F, Adegunwa M, Ijabadeniyi A, Sanni L, Tomlins K, 2017. Effect of Frying Treatments on Texture and Colour Parameters of Deep Fat Fried Yellow Fleshed Cassava Chips. *Journal of Food Quality*, 1–10.
- Paul S, Mittal G, 1996. Dynamics of Fat/Oil Degradation During Frying Based on Optical Properties. *Journal of food engineering*, 30(3-4): 389-403.
- Salahi F, 2018. Color Changes Kinetics During Deep Fat Frying of Carrot Slice. *Heat and Mass Transfer*, 54 (11): 3421-3426.
- Vélez-Ruiz JF, Sosa-Morales ME, 2003. Evaluation of Physical Properties of Dough of Donuts During Deep-Fat Frying at Different Temperatures. *International Journal of Food Properties*, 6(2): 341-353.