



## GLUTENSİZ NUGGETLARDA LİPOLİTİK DEĞİŞİMLER ÜZERİNE DONMUŞ DEPOLAMANIN ETKİSİ

**Esra Selin Davarcıoğlu, Eda Demirok Soncu\***

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş / *Received*: 23.11.2020; Kabul / *Accepted*: 24.12.2020 Online baskı / *Published online*: 12.01.2021

Davarcıoğlu, E. S., Demirok Soncu, E. (2021). Gluteniz nuggetlarda lipolitik değışimler üzerine donmuş depolamanın etkisi. *GIDA* (2021) 46 (1) 201-215 doi: 10.15237/gida.GD20100

*Davarcıoğlu, E. S., Demirok Soncu, E. (2021). Effect of frozen storage on lipolytic changes in gluten-free nuggets. GIDA (2021) 46 (1) 201-215 doi: 10.15237/gida.GD20100*

### ÖZ

Çölyak hastalığı, yaşam boyu süren ve gluten intolerasına sahip bireylerde buğday, arpa ve çavdar tüketimi sonucu bağırsaklarda gelişen iltihaplanma nedeniyle malabsorbsiyonla sonuçlanan bir hastalıktır. Tedavisi bir ömür glutensiz diyet olan bu hastalığa sahip bireylerin yaşamını kolaylaştırmak ve hayat kalitesini artırmak için ürün çeşitliliğinin de artırılması ve raf ömrüne ilişkin kalite çalışmalarının yapılması önemlidir. Bu noktadan hareketle, çalışma kapsamında sıvı sos kaplamasında farklı oranlarda pirinç unu, mısır unu ve mısır nişastası kullanılarak üretilen ve donuk depolanan (-18°C, 6 ay) glutensiz nuggetlarda lipitlerde meydana gelen değışimler incelenmiştir. Donmuş depolama süresince serbest yağ asitliği (SYA) ve tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARM) değerlerinin arttığı, konjuge dien ve konjuge trien değerlerinin ise azalış gösterdiği tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ). Depolamanın başlangıcında en yüksek değerine ulaşan hekzanal miktarı ise sonrasında azalış göstermiş ve depolamanın son günlerinde tekrar artışa geçmiştir. Farklı bileşimde sıvı sos kullanımının ise incelenen parametreler üzerine etkisi bulunamamıştır ( $P > 0.05$ ). Sonuçlar, donuk olarak depolanan glutensiz nuggetların 6 ay süresince güvenle tüketilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:**Kaplamalı piliç ürünleri, lipoliz, lipit oksidasyonu, pirinç unu, mısır unu, mısır nişastası, sıvı sos

## EFFECT OF FROZEN STORAGE ON LIPOLYTIC CHANGES IN GLUTEN-FREE NUGGETS

### ABSTRACT

Celiac disease, a lifelong disorder, is induced by the intake of gluten proteins present in wheat, barley and rye and results in malabsorption due to inflammation of intestine in gluten intolerant individuals. The treatment is lifelong adherence to a gluten-free diet. Therefore, enhancing variety of gluten-free food products and performing quality analysis regarding shelf life is crucial to increase life quality and to make easy the life for individuals with celiac. From this point of view, lipolytic changes were investigated in frozen stored (-18°C for 6 months) gluten-free chicken nuggets coated with batter, which was produced by using different ratio of rice flour, corn flour and corn starch. Free fatty acids (FFAs) and thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) values increased whereas conjugated dien and conjugated trien values decreased with increasing storage time ( $P < 0.05$ ). Hexanal amount reached to the maximum level at the beginning of storage followed by a decrease in the middle of

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉ edemirok@eng.ankara.edu.tr

☎: (+90) 312 203 3639

☎: (+90) 312 317 8711

Esra Selin Davarcıoğlu; ORCID no: 0000-0001-9500-5354

Eda Demirok Soncu; ORCID no: 0000-0003-0997-5835

storage and then an increase at the end of storage. The use of batter with different formula did not affect parameters evaluated ( $P > 0.05$ ). Results demonstrated that gluten-free chicken nuggets should be consumed within 6 months under frozen storage conditions.

**Keywords:** Coated chicken meat products, lipolysis, lipid oxidation, rice flour, corn flour, corn starch, batter

## GİRİŞ

Çölyak hastalığı, en basit ifadeyle genetik yatkınlığı olan ve gluten intoleransına sahip bireylerde buğday, arpa ve çavdar gibi gluten içeren tahılların tüketimi sonucu ortaya çıkan ve yaşam boyu süren bağışıklık sistemi hastalığıdır (Catassi ve Fasano, 2008; Niewinski, 2008). Buğdayın depo proteini olarak bilinen gluten proteininin alkolde çözünen fraksiyonu gliadin, çölyaklı bireyler için toksiktir. Benzer şekilde arpada hordein, çavdarda ise sekalin çölyaklı bireyler için toksik olan prolaminlerdir (Niewinski, 2008; Özugur ve Hayta, 2011). Çölyaklı bireylerde, gluten tüketimine bağlı bağırsak mukozasında ortaya çıkan iltihaplanma nedeniyle ince bağırsak zarında yer alan villuslar hasar görerek küçülür ve zamanla kaybolurlar. Aynı zamanda besin öğelerinin de emiliminden sorumlu olan villuslarda ortaya çıkan bu tahribat zamanla bağırsak yüzey alanının azalması, demir ve kalsiyum gibi mineraller ile A, D, E, K vitaminleri ve folik asitin emilememesine neden olur (Niewinski, 2008; Jnawali vd., 2016). Çölyak hastalığının klinik belirtileri kişiden kişiye değişmekle birlikte genellikle karında şişlik ile birlikte kramp şeklinde gelen ağrı, gastroözofajiyal reflü, diyare ya da kabızlık, kilo kaybı, kemiklerde gelişen hastalıklar, kansızlık ve zayıflıktır (Rodrigo, 2006). Uzun vadede ise çölyak hastalığının kemik erimesi, kısırlık ve kanser gibi hastalıklara zemin hazırladığı bilinmektedir (Catassi ve Fasano, 2008).

Avrupa ve ABD’de yapılan çalışmalar, çölyaklı bireylerin toplam popülasyonun %1’ini oluşturduğunu göstermiştir (Niewinski, 2008). T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı verilerine göre ülkemizde çölyak görülme sıklığı 0.3-%1 arasında değişmektedir. 2019 yılında tanı konmuş hasta sayısı 68123 olup çölyaklı bireylerin ancak %10’una tanı konulabildiği öngörülmektedir (Anonymous, 2017). Sağlıklı bir yaşam için çölyak hastalığının bilinen tek tedavi yöntemi ise glutenin diyetten tamamen çıkarılması ve glutensiz yaşam biçiminin oluşturulmasıdır (Rodrigo, 2006;

Niewinski, 2008). Son zamanlarda çölyak hastalığına sahip olmayan bireyler de kilo kontrolü ve sağlıklı yaşam tercihleri doğrultusunda glutensiz beslenmeye doğru yönelmişlerdir (Kerimoğlu ve Serdaroğlu, 2019). Bu noktada, oldukça yüksek popülasyona sahip çölyaklı bireyler ve tercihen glutensiz beslenmek isteyen tüketiciler için sağlıklı, güvenilir, lezzetli, çeşitlendirilmiş ve kolay ulaşılabilir glutensiz gıdalara ihtiyaç duyulduğu apaçık ortadadır. Günümüzde bu konudaki farkındalık artmış ve hem marketlerde hem de e-ticarette glutensiz ekmek, pizza, makarna, tahıl unları ve tatlılar gibi oldukça farklı kategorilerde glutensiz ürünler ulaşılabilir hale gelmiştir (Niewinski, 2008). Yapılan bir çalışmada, 2013-2015 yılları arasında artan talebi karşılamak amacıyla glutensiz ürün üretimi yapan bir sektörde %136 büyüme belirlenmiştir (Kerimoğlu ve Serdaroğlu, 2019).

Et ve et ürünlerinin, kaliteli ve dengeli beslenmedeki rolü büyüktür. İşlenmemiş et, piliç eti ve balık çölyaklı bireylerin diyetinde yerini alırken, bu bireyler sosis salam gibi şarküteri ürünleri ile nugget, şinitzel gibi kaplamalı ileri işlem piliç ürünlerini gluten riski sebebiyle tüketmemektedir. Bu noktada, ürün çeşitliliğini arttırmanın yanı sıra özellikle zaman yönetiminin önemli olduğu günümüz şartlarında tüketime hazır ürünlerden nuggetin glutensiz opsiyonlarının geliştirilmesine ilişkin çalışmalar son zamanlarda ön plana çıkmıştır. Nugget, hazırlanan et hamuruna şekil verildikten sonra ilk aşamada sıvı sos ve ardından kuru sos ile kaplanan, kısa süreli kızartma sonrası buharlı fırında pişirilerek tüketime hazır hale getirilen bir üründür (Soncu, 2014). Çölyaklı bireyler için nuggetlardaki en büyük risk kaplamanın gluten içermesi olup, bu noktada glutensiz nugget üretimi için gluten içermeyen sıvı ve kuru sosların formüle edilmesi önem kazanmıştır.

Ürün geliştirilmesinin yanı sıra glutensiz nuggetlarda raf ömrü boyunca kalite parametrelerinde

değişimin izlenmesi tüketicilere kaliteli ve güvenli ürün sunmak açısından önemlidir. Nugget gibi kaplamalı piliç ürünlerinde raf ömrünü sınırlayan en önemli faktör lipolitik değişimlerdir. Et ve et ürünlerinde lipolitik değişimler lipoliz reaksiyonları ve lipit oksidasyonu ile açıklanır. Lipoliz reaksiyonları, trigliserit ya da fosfolipitlerin esteraz (lipaz ve fosfolipaz) enzimleri aracılığıyla monogliseritlere, digliseritlere ya da serbest yağ asitlerine parçalanması olarak tanımlanır (Gandemer, 2002). Başlangıç, gelişme ve sonuç olmak üzere 3 farklı aşamadan oluşan lipit oksidasyonu ise ette doğal olarak bulunan ya da lipoliz reaksiyonları sonucu oluşan serbest yağ asitlerinin oksijen varlığında otokatalitik olarak ilk aşamada peroksitler, hidroperoksitler, konjuge dien/trien gibi birincil oksidasyon ürünlerine parçalanması olarak ifade edilir. Bu bileşikler stabil olmayıp, etlerde kötü tat ve koku oluşumuna neden olan ikincil oksidasyon ürünlerine (hidrokarbonlar, aldehitler, alkoller, ketonlar, esterler ve asitler) hızla dönüşürler (Amaral vd., 2018; Dominguez vd., 2019). Isıl işlem lipolitik reaksiyonları tetikleyen faktörlerden biri olup, nugget gibi kaplamalı piliç ürünlerinin üretim prosesinde yer alan ısıl işlem basamağı, hücre duvarının parçalanması sonucu oksijen ve heme-demir salınımının artmasına, serbest radikal oluşumunun tetiklenmesine ve sonuç olarak bu tip ürünlerin lipit oksidasyonuna karşı daha duyarlı hale gelmesine neden olur (Cagdas ve Kumcuoglu, 2015; Amaral vd., 2018). Ayrıca lipit oksidasyonu renk, görünüş ve tekstürün olumsuz yönde etkilenmesine, besinsel değer azalmasına, toksik bileşiklerin yanı sıra ransit tat ve koku oluşumuna sebep olur (Amaral vd., 2018; Dominguez vd., 2019).

Mısır, pirinç, sorgum, tef, kinoa, amarant, karabuğday gibi tahıllar ile bezelye, nohut, mercimek, soya ve keçiyoynuzu glutensiz ürün üretmek amacıyla kullanılabilir alternatif kaynaklardır (Jnawali vd., 2016). Literatürde, amarant (de Carvalho vd., 2018; Tamsen vd., 2018), pirinç unu (Jackson vd., 2006; Pinkaew ve Naivikul, 2019), pirinç ve mısır unu (Davarcioğlu ve Kolsarici, 2019), sorgum unu (Devatkal vd., 2011), glutensiz buğday unu (Taşbaş vd., 2016), amarant ve kinoa unu (Verma vd., 2019)

kullanılarak glutensiz nugget üretimine ilişkin kaynaklar mevcut olup bu araştırmalarda bazı kalite parametrelerine ilişkin değerlendirmeler de yapılmıştır. Bu makalede ise, yapılan geniş çaplı formülasyon çalışması sonrası seçilen en başarılı üç glutensiz sıvı sos formülasyonu kullanılarak üretilen nuggetlarda lipolitik değişimlerin detaylı incelenmesi hedeflenmiştir. Bu noktadan hareketle, sıvı sos bileşiminde farklı oranlarda mısır ve pirinç unu ile mısır nişastası kullanılarak glutensiz piliç nuggetlar üretilmiş ve 6 aylık donmuş depolama sürecinde lipitlerde meydana gelen lipoliz ve oksidasyon reaksiyonlarına ilişkin analizler yapılmıştır.

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### Glutensiz piliç nugget üretimi ve depolama koşulları

Glutensiz nugget üretimi Bolu'da ticari olarak üretim yapan bir entegre tavukçuluk üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 3 farklı sıvı sos bileşimine sahip glutensiz nugget üzerinde çalışılmış olup, nugget üretiminde kullanılan et hamuru, glutensiz sıvı sos ve glutensiz kuru sos formülasyonları Çizelge 1'de verilmiştir. Glutensiz sıvı sos bileşimlerine yapılan ön çalışmalarda 28 farklı formülasyon arasından seçim yapılarak karar verilmiş ve bu sürece ilişkin detaylı bilgiler Davarcioğlu ve Kolsarici (2019) tarafından aktarılmıştır.

Nugget üretiminin ilk aşamasında piliç göğüs eti 5 mm, piliç göğüs ve but deri ise 1.3 mm ayna çapına sahip kıyma makinasında (Tefal, Hachoir 1500 Watt) hazırlanmıştır. Piliç eti, deri, su, ürüne özgü baharat karışımı (Spice mix tasty AG, Dutch Protein and Services Ingredients for the Food Industry (DPS), Holland) ve bağlayıcı (Binding AF V2, DPS, Holland) elde yoğurularak et hamuru hazırlanmıştır. Hamur, piliç nugget kalıpları kullanılarak şekillendirildikten sonra hamurunun sertleşmesi için bir süre buzdolabında bekletilmiştir. Üç farklı formülasyona sahip glutensiz sıvı sos (GSS1, GSS2, GSS3) 1:2 (sos:su, w/w) oranında sulandırılmış ve mikserde (Arzum Proset 444) karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Nugget hamuru ilk önce glutensiz sıvı sos ardından glutensiz kuru sos ile manuel kaplandıktan sonra kaplamanın ete fiksasyonu için

180°C'de 30 sn süreyle ayçiçek yağında fritözde (Bosch TFB3201, Germany) kızartılmıştır. Her bir grup için fritözdeki yağ değiştirilerek kullanılmıştır. Kızartmayı takiben gluten bulaşısını engellemek amacıyla önceden özel olarak temizlenen buharlı fırın hattı (CPS Cook Star, Holland) kullanılarak nuggetlar iç sıcaklığı 74°C'ye ulaşmaya kadar %70 buhar altında ve 150°C sıcaklıkta 4 dakika süreyle pişirilmiştir. Buharlı fırın hattını takiben nuggetlar -40°C'deki spiral dondurucuda (CPS Tempo Fost, Holland)

merkez sıcaklığı -18°C'ye ulaşmaya kadar hızla dondurulmuştur. Donuk nuggetlar 10'arlık olarak polipropilen tabaklara yerleştirilmiş ve PVC streç film kullanılarak aerobik koşullarda ambalajlanmıştır. Piliç nuggetlar -18°C'de 6 ay süreyle depolanmış ve aylık periyotlarda her bir grubu temsilen bir ambalaj 4°C'de çözündürüldükten sonra analizler yapılmıştır. Deneme 3 farklı zamanda 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve analizler her bir tekerrür için iki paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

Çizelge 1.Et hamuru, glutensiz sıvı sos ve glutensiz kuru sos formülasyonları

Table 1. Formulations for meat batter, gluten-free batter and gluten-free breader

Et hamuru Meat batter	Glutensiz sıvı sos (GSS)# Gluten-free batter			Glutensiz kuru sos Gluten-free breader
	GSS1	GSS2	GSS3	
%74.50 Piliç göğüs eti %74.50 Chicken breast meat	%30 Pirinç unu %30 Rice flour	%40 Pirinç unu %40 Rice flour	%40 Pirinç unu %40 Rice flour	%40 Pirinç unu %40 Rice flour
%6.2 Piliç deri %6.2 Chicken skin	%70 Mısır unu %70 Corn flour	%60 Mısır unu %60 Corn flour	%60 Mısır unu %60 Corn flour	%40 Mısır unu %40 Corn flour
%12.4 Su %12.4 Water	%15 Mısır nişastası %15 Corn starch	%5 Mısır nişastası %5 Corn starch	%15 Mısır nişastası %15 Corn starch	%3-5 Maya %3-5 Yeast
%1.6 Baharat karışımı* %1.6 Spice mix*	%0.5 KMS*** %0.5 CMC***	%0.5 KMS %0.5 CMC	%0.5 KMS %0.5 CMC	%5-10 Şeker %5-10 Sugar
%5.3 Bağlayıcı** %5.3 Binding**	%0.2 Ksantangum %0.2 Xanthangum	%0.2 Ksantangum %0.2 Xanthangum	%0.2 Ksantangum %0.2 Xanthangum	%2-5 Tuz %2-5 Salt
	%0.2 Sakkaroz %0.2 Saccharose	%0.2 Sakkaroz %0.2 Saccharose	%0.2 Sakkaroz %0.2 Saccharose	%2-5 Ayçiçek yağı %2-5 Sunflower oil
	%2.5 Tuz %2.5 Salt	%2.5 Tuz %2.5 Salt	%2.5 Tuz %2.5 Salt	<%2 Emülgatör <%2 Emulsifier
	%1 Baharat karışımı %1 Spice mix	%1 Baharat karışımı %1 Spice mix	%1 Baharat karışımı %1 Spice mix	<%2 Renklendirici <%2 Coloring agent

\*Baharat karışımı soğan tozu, sarımsak tozu ve kimyon içermektedir. / \*Spice mix includes onion powder, garlic powder and cumin.

\*\*Bağlayıcı bezelye lifi, bambu, patates ve pirinç içermektedir. / \*\*Binding includes green pea fiber, bamboo, potato and rice.

\*\*\*KMS:Karboksimetilselüloz / \*\*\*CMC:Carboxymethylcellulose

#:Glutensiz sıvı soslar hazırlanırken mısır nişastası, KMS, ksantan gum, sakkaroz, tuz ve baharat karışımı 100 g un üzerinden hesaplanarak eklenmiştir. / Amount of corn starch, CMC, xanthan gum, saccharose, salt and spice mix are calculated for 100 g of flour during gluten-free batter preparation.

**Besinsel bileşim analizleri**

Nugget örnekleri homojen hale getirildikten sonra AOAC (2010a)'de belirtilen yöntemlere göre nem (metot no:950.46), kül (metot no:920.153), soxhelet ekstraksiyon yöntemine göre yağ (metot no:991.36) ve Kjeldahl yöntemine göre protein (metot no:955.04) analizleri yapılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

**Gluten analizi**

Gluten analizi akredite bir laboratuvarında ELISA yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 2010b). İlk aşamada 5 g örnek homojen hale getirildikten sonra 0.25 g tartılmış ve üzerine 2.5 ml Cocktail çözeltilisi ilave edilmiştir. Su banyosunda (50°C) 40 dakika inkübasyonu takiben örnekler hızla soğutulmuş ve üzerine 7.5 ml %80 etanol ilave edilerek 1 saat süreyle karıştırılmıştır. Santrifüj sonrası supernatant 1:12.5 oranında seyreltilmiş dilüsyon çözeltilisi ile seyreltilmiştir. Analiz için gerekli sayıda kuyucuk okuyucuya yerleştirildikten sonra her bir kuyucuk 100 µl yıkama çözeltilisi ile 3 defa yıkanmıştır. Ardından her bir kuyucuğa 100 µl seyreltilmiş konjugat pipetlenip, 30 dakika oda sıcaklığında inkübasyon sonrası kuyucuklar 250 µl yıkama çözeltilisi ile 3 defa daha yıkanmıştır. Her bir kuyucuğa 50 µl substrat ve 50 µl kromojen pipetlendikten sonra oda sıcaklığında ve karanlıkta örnekler 30 dakika inkübasyona bırakılmış, her bir kuyucuğa 100 µl stop çözeltili pipetlenerek hafifçe çalkalanmış ve ELISA okuyucusu ile 450 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

**SYA analizi**

Analizin ilk aşamasında homojen nugget örneklerinden soğuk ekstraksiyon yöntemi ile ham yağ elde edilmiştir (Bligh ve Dyer, 1959). Yaklaşık 1 gram yağ örneği 10 ml nötralize etil alkol içerisinde çözündürüldükten sonra 0.05 N NaOH kullanılarak titre edilmiş ve nugget örneklerinin %SYA miktarı oleik asit cinsinden hesaplanmıştır (Mauriello vd., 2004).

**Özgül soğurma (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>) değerleri**

Konjuge dien ve konjuge trien bileşik miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan özgül soğurma değerleri analizi Kıralan (2010) tarafından rapor edildiği gibi AOCS metot no Ch5-91'e göre modifiye edilerek yürütülmüştür. Konjuge dien

(K<sub>232</sub>) ve konjuge trien (K<sub>270</sub>) değerlerinin hesaplanması için soğuk ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilen yağ örneğinden yaklaşık 0.02 g tartılarak 20 ml hekzan içerisinde çözündürülmüştür. Çözeltinin absorbansı konjuge dien değeri için 232 nm'de, konjuge trien değeri için de 270 nm'de spektrofotometrik olarak (Perkin Elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 35, USA) ölçülmüş ve hesaplama denklem 1'e göre yapılmıştır.

$$K\lambda = \frac{E\lambda}{C \times S} \quad \text{Denklem 1}$$

K<sub>λ</sub>=232 ya da 270 nm'deki özgül soğurma değeri  
E<sub>λ</sub>=232 ya da 270 nm'de okunan absorbans değeri  
C=Çözeltinin konsantrasyonu (g/100 ml)  
S=Işık yolu uzunluğu (cm)

**TBARM sayısı**

TBARM sayısı Mielnik vd. (2006) tarafından rapor edilen yöntemle göre belirlenmiştir. Yaklaşık 10 g homojen nugget örneği 30 ml triklor asetik asit (%7.5 w/v) içerisinde ultraturax (Micra D9, Germany) kullanılarak homojenize edildikten sonra örnekler 10000 d/d'da 5 dak süreyle santrifüjlenmiştir (Hermlle Z326K, Germany). Supernatant, Whatman No:40 filtre kağıdından süzöldükten sonra 5 ml süzöntü vidalı kapaklı cam test tüplerine aktarılmış ve üzerine 5 ml 2-tiyobarbitürik asit çözeltilisi (0.02 mol/L, 0.1 N HCl çözeltilisinde hazırlanan) ilave edilerek vortekslenmiştir. Tüpler 35 dak süreyle 100°C'deki su banyosunda renk gelişimi için inkübe edilmiş ve süre sonunda buz banyosunda hızla soğutulmuştur. Örneklerin absorbansı 532 nm'de şahit örneğe (5 ml saf su ve 5 ml 2-tiyobarbitürik asit çözeltilisi) karşı spektrofotometrik olarak belirlenmiş ve TBARM sayısı 1,1,3,3-Tetraetoksipropan ayırıcı kullanılarak çizilen kurve yardımı ile mg malondialdehide (MA)/kg et olarak hesaplanmıştır.

**Hekzanal analizi**

Yaklaşık 3 g homojen nugget örneği 20 ml'lik vial içerisine tartılmış ve GC-MS sisteminin ısıtıcı bölmesine yerleştirilerek 40°C'de 10 dak süreyle örnek sıcaklığının dengelenmesi için bekletilmiştir. Katı faz ekstraksiyonu için karboksen/polidimetilsiloksan fiber (CAR/PDMS, 85 µm) vialle daldırılarak 40°C'de 40 dak süreyle uçucu bileşenlerin absorpsiyonu sağlanmıştır. Sonraki aşamada fiber bileşenlerin desorpsiyonu için

sistemin enjeksiyon portunda 250°C'de 10 dak süreyle bekletilmiştir. Hekzanal analizinde gaz kromatografi cihazı (Agilent, 7890 serisi, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) ile entegre kütle dedektörü (MS, Agilent, 5975 N model) ve DB-624 kapiler kolon (Agilent, 30 m uzunluğunda; 0.25 mm iç çapında; 1.4 µm film kalınlığında) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz 1 ml/dak akış hızında helyum gazı olup enjeksiyon bloğu sıcaklığı 250°C, dedektör sıcaklığı 250°C, MS kaynağının sıcaklığı 230°C, MS kuadropol sıcaklığı 150°C, elektron enerjisi 70 eV ve kütle aralığı 41-400 atomik kütle ünitesi olarak ayarlanmıştır. Başlangıç fırın sıcaklığı 40°C olup bu sıcaklıkta 5 dak tutulduktan sonra sıcaklık dakikada 3°C artacak şekilde 40°C'den 110°C'ye; dakikada 4°C artacak şekilde 110°C'den 150°C'ye; dakikada 10°C artacak şekilde 150°C'den 210°C'ye çıkarılmış ve 210°C'de 12 dakika tutulmuştur. Hekzanal bileşiği, kütle spektrumu ve alıkonma süresine göre hem standart madde hem de Nist05 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, USA) and Wiley7.0 (Wiley, NY, USA) kütüphaneleri ile kıyaslama yapılarak tanımlanmıştır. Sonuçlar "pik alanı x 10<sup>6</sup>" olarak verilmiştir (Köroğlu, 2017).

### İstatistik analiz

Analiz sonuçları, tesadüf blokları faktöriyel deneme deseninde tekrarlanan ölçümler düzenine

göre SPSS 15 istatistik paket programı kullanılarak incelenmiştir. Deneme deseninde tekerrür blok, depolama süresi (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ay) tekrarlanan faktör, gruplar ise (GSS1, GSS2 ve GSS3) sabit faktör olarak düşünülmüştür. İncelenen parametre açısından faktörlerin etkisi anlamlı bulunduğu durumlarda uygulamalar arasındaki farklılığın önemlilik düzeyi ( $\alpha=0.05$ ) Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Sıvı sos bileşiminde farklı oranda pirinç unu, mısır unu ve mısır nişastası kullanılarak üretilen glutensiz piliç nuggetların gluten miktarı ve besinsel bileşimine ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda GSS1, GSS2 ve GSS3 örneklerinin gluten içeriği <5 mg/kg olarak bulunmuştur. Kodeks Alimentarius gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalara ilişkin standartta glutensiz gıdaların maksimum 20 mg/kg, gluteni azaltılmış gıdaların ise maksimum 100 mg/kg gluten içermesine izin verilmektedir (Anonymous, 2008). Bu noktada, çalışma kapsamında üretilen glutensiz nuggetların uluslararası standartta uygun olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 2. Glutensiz piliç nuggetların nem, protein, yağ, kül ve gluten miktarları  
Table 2. Moisture, protein, fat, ash, and gluten amounts of gluten-free chicken nuggets

	GSS1*		GSS2		GSS3	
	0.ay M0#	6.ay M6#	0.ay M0	6.ay M6	0.ay M0	6.ay M6
Nem (%) Moisture (%)	59.75±1.45	58.92±1.11	60.70±1.39	59.12±0.95	60.73±1.22	59.93±1.27
Protein (%) Protein (%)	14.76±0.32	15.04±0.16	14.80±0.68	14.63±0.47	14.85±0.55	15.03±0.36
Yağ (%) Fat (%)	9.07±0.03	9.04±0.01	9.20±0.06	9.20±0.04	9.16±0.05	9.14±0.06
Kül (%) Ash (%)	1.37±0.01	1.39±0.02	1.38±0.01	1.36±0.06	1.37±0.01	1.38±0.02
Gluten (mg/kg) Gluten (mg/kg)	<5		<5		<5	

\*GSS:Glutensiz sıvı sos / Gluten-free batter

GSS1:%30Pirinç unu/%70Mısır unu/%15Mısır nişastası; GSS2:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%5Mısır nişastası; GSS3:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%15Mısır nişastası

GSS1:30%Rice flour/70%Corn flour/15%Corn starch; GSS2:40%Rice flour/60%Corn flour/5%Corn starch; GSS3:40%Rice flour/60%Corn flour/15%Corn starch

#M0:Zero month, M6:Sixth month

Farklı bileşimde glutensiz sıvı sos ile hazırlanan nuggetların nem, protein, yağ ve kül değerlerinde depolama süresince istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). GSS1, GSS2 ve GSS3 örneklerinin nem değerleri başlangıçta %59.75-%60.73 aralığında iken, depolamanın sonunda %58.92-%59.93 aralığındadır. Depolamanın başında %14.76-%14.85 aralığında hesaplanan protein değerleri, 6. ayda %14.63-%15.03 olarak belirlenmiştir. GSS1, GSS2 ve GSS3 örneklerinin yağ miktarları 0. ve 6. ayda sırasıyla %9.07-9.20 ve %9.04-%9.20 aralıklarında bulunmuştur. Örneklerin kül miktarları ise depolamanın başında %1.37-%1.38 olarak belirlenirken, 6. ayda %1.36-%1.39 aralığında hesaplanmıştır. Benzer şekilde Gökçe vd. (2016), buğday, mısır, soya ve çavdar gibi farklı unların kaplamada kullanımının nuggetların nem ve yağ içeriği üzerine etkili olmadığını vurgulamıştır. Nugget kaplamasında %10 ve %20 oranında yulaf unu kullanımının ise karbonhidrat içeriğindeki artışa bağlı olarak daha düşük yağ ve protein miktarıyla sonuçlandığı tespit edilmiştir (Santhi ve Kalaikannan, 2014).

Jackson vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada sıvı sos bileşiminde %42.75 oranında pirinç unu kullanılan nuggetların nem, protein ve yağ değerleri sırasıyla %58.50, %20.13 ve %5.23 olarak rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, Çizelge 2'de verilen nem değerleri ile benzerlik gösterirken, pirinç ve mısır unu karışımı kullanılarak tarafımızca yapılan çalışmada daha düşük protein ve daha yüksek yağ miktarları tespit edilmiştir. Bu sonucun, Jackson vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada sıvı sos bileşiminde %13 oranında yumurta ve %91 oranında göğüs eti kullanımı ile tarafımızca yapılan çalışmada kuru sos bileşiminde %2-5 oranında ayçiçek yağı kullanımına bağlı olduğu düşünülmektedir. Missbach vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Avusturya'da 3 farklı marketten toplanan glutensiz nuggetların protein ve yağ içerikleri sırasıyla ortalama %15.3 ve %11.0 olarak bulunmuş olup çalışmamızdaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Bir diğer çalışmada, pirinç ve mısır unu (40:60 w/w) kullanılarak formüle edilen kaplamaların nem ve yağ değerleri sırasıyla %56.85-%58.82 ve %9.20-%10.48 aralığında belirlenmiş olup çalışmamızda elde

edilen veriler ile uyumludur (Mukprasirt vd., 2001). Soncu (2014) tarafından yürütülen piyasa çalışmasında ise, ayak üstü restoranlarından temin edilen buğday unu kaynaklı piliç nuggetlarda %38.37-%57.79 aralığında nem, %14.94-%18.75 aralığında protein, %13.16-%22.60 aralığında yağ ve %2.01-2.59 aralığında kül içeriği belirlenmiştir. Ticari koşullarda buğday unu kullanılarak üretilen nuggetlar ile glutensiz nuggetlar kıyaslandığında, glutensiz nuggetların daha düşük yağ ve kül içeriğine sahip olduğu, ticari nuggetlara kıyasla protein açısından alt limitlerde, nem açısından da üst limitlerde sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Bir diğer buğday unu kaynaklı nugget üretim çalışmasında da ürünlerin nem, yağ, protein ve kül içerikleri sırasıyla %53.55, %13.43, %16.01 ve %2.43 olarak tespit edilmiştir (Akoğlu, 2012). Çalışmamızda, glutensiz piliç nuggetlarda belirlenen yüksek nem ve düşük yağ içeriğinin sıvı sos bileşiminde %2 düzeyinde karboksimetil selüloz (KMS) kullanımı ve üretim prosesinde derin yağda kızartma yerine buharlı fırında pişirme uygulanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü derin yağda kızartma sırasında, viskoelastik yapıya sahip buğday ununun kabarma etkisinin bir sonucu olarak buğday unu kaynaklı kaplamalarda oluşan porlar yağın absorpsiyonunu suyun ise evaporasyonunu kolaylaştırarak nem içeriğinde azalışa yağ içeriğinde de artışa neden olur (Shih ve Daigle, 1999; Mukprasirt vd., 2001; Taşbaş vd., 2016). KMS ise hidrofilik yapısı sayesinde ısı işlem sırasında termal jelleşmenin bir sonucu olarak yüksek viskoziteli bir kaplama oluşturarak nem ve yağ transferi için belirli düzeyde bariyer görevi görür (Mukprasirt vd., 2001; Haghshenas vd., 2015). Ayrıca pirinç ve mısır unu kullanılarak üretilen nuggetların buğday unu kaynaklı nuggetlara göre daha düşük yağ içeriğine sahip oluşu, pirincin buğdaya kıyasla daha yüksek oranda amiloz içermesi nedeniyle yağ bağlama kapasitesinin daha düşük oluşu ile ilişkilendirilebilir (Shih ve Daigle, 1999).

SYA miktarındaki değişim depolama koşullarında lipitlerin stabilitesi hakkında fikir veren bir parametredir (Das vd., 2008). Farklı bileşimdeki glutensiz sıvı sos ile üretilen nuggetların SYA değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin SYA miktarlarında değişim

gözlenmiştir. Başlangıçta GSS1, GSS2 ve GSS3 örnekleri için sırasıyla %0.91, %0.82 ve %0.88 olarak belirlenen SYA değerleri 6. ayda sonunda istatistik olarak önemli düzeyde artış göstererek sırasıyla %1.23, %1.21 ve %1.20 değerlerine ulaşmıştır ( $P < 0.05$ ). Farklı bileşimdeki sıvı soslar kullanılarak üretilen glutensiz nuggetlar arasında ise fark bulunamamıştır ( $P > 0.05$ ). Benzer bir çalışmada, nugget kaplamasında yeşil muz kabuğu unu (%4) ve soya kabuğu ununun (%4) tek başına

ya da birlikte kullanımının 4°C'de 25 gün süreyle depolanan nuggetların SYA değerleri üzerine etkili olmadığı ancak SYA değerinin depolama süresince artış gösterdiği bildirilmiştir (Kumar vd., 2013). Özetle, yapılan çalışmalar, hidroliz reaksiyonlarının göstergesi olan SYA miktarının depolama süresi ile ilişkili olduğunu, süre arttıkça SYA değerinin de arttığını göstermiştir (Modi vd., 2004; Das vd., 2008; Chandralekha vd., 2012; Reddy, 2017).

Çizelge 3. Glutensiz piliç nuggetların donmuş depolama sürecinde SYA, konjuge dien ve konjuge trien değerlerindeki değişim

Table 3. Changes in FFA, conjugated dien and conjugated trien values of gluten-free chicken nuggets during frozen storage

		GSS1*	GSS2	GSS3
Serbest yağ asitliği (SYA%) Free fatty acid-FFA (%)	0.ay / M0#	0.91 <sup>b</sup> ±0.04	0.82 <sup>b</sup> ±0.06	0.88 <sup>b</sup> ±0.08
	1.ay / M1#	1.30 <sup>a</sup> ±0.10	1.17 <sup>ab</sup> ±0.02	1.31 <sup>a</sup> ±0.06
	2.ay / M2#	1.12 <sup>ab</sup> ±0.09	1.14 <sup>ab</sup> ±0.08	1.16 <sup>ab</sup> ±0.09
	3.ay / M3#	1.26 <sup>ab</sup> ±0.11	1.26 <sup>a</sup> ±0.09	1.18 <sup>ab</sup> ±0.08
	4.ay / M4#	1.32 <sup>a</sup> ±0.10	1.24 <sup>a</sup> ±0.09	1.24 <sup>ab</sup> ±0.04
	5.ay / M5#	1.30 <sup>a</sup> ±0.06	1.28 <sup>a</sup> ±0.12	1.28 <sup>a</sup> ±0.04
	6.ay / M6#	1.23 <sup>ab</sup> ±0.10	1.21 <sup>a</sup> ±0.09	1.20 <sup>ab</sup> ±0.15
Konjuge dien (K <sub>232</sub> ) Conjugated dien (K <sub>232</sub> )	0.ay / M0	4.79 <sup>a</sup> ±0.28	6.27 <sup>a</sup> ±1.20	4.57 <sup>a</sup> ±0.40
	1.ay / M1	4.67 <sup>a</sup> ±0.57	4.84 <sup>ab</sup> ±0.78	4.81 <sup>a</sup> ±0.64
	2.ay / M2	3.92 <sup>a</sup> ±1.55	4.08 <sup>b</sup> ±0.75	4.36 <sup>a</sup> ±0.93
	3.ay / M3	3.93 <sup>a</sup> ±0.34	3.58 <sup>b</sup> ±0.16	3.31 <sup>a</sup> ±0.15
	4.ay / M4	4.16 <sup>a</sup> ±0.10	4.18 <sup>b</sup> ±0.34	4.18 <sup>a</sup> ±0.43
	5.ay / M5	2.95 <sup>a</sup> ±0.26	3.86 <sup>b</sup> ±0.66	3.65 <sup>a</sup> ±0.40
	6.ay / M6	3.55 <sup>a</sup> ±0.37	3.93 <sup>b</sup> ±0.58	3.79 <sup>a</sup> ±0.65
Konjuge trien (K <sub>270</sub> ) Conjugated trien (K <sub>270</sub> )	0.ay / M0	1.60 <sup>a</sup> ±0.06	1.93 <sup>a</sup> ±0.21	1.56 <sup>a</sup> ±0.25
	1.ay / M1	1.44 <sup>a</sup> ±0.07	1.49 <sup>ab</sup> ±0.21	1.42 <sup>a</sup> ±0.14
	2.ay / M2	1.27 <sup>a</sup> ±0.48	1.24 <sup>ab</sup> ±0.12	1.33 <sup>a</sup> ±0.18
	3.ay / M3	1.30 <sup>a</sup> ±0.11	1.16 <sup>b</sup> ±0.06	1.09 <sup>a</sup> ±0.12
	4.ay / M4	1.35 <sup>a</sup> ±0.11	1.42 <sup>ab</sup> ±0.07	1.45 <sup>a</sup> ±0.05
	5.ay / M5	1.01 <sup>a</sup> ±0.05	1.23 <sup>ab</sup> ±0.20	1.23 <sup>a</sup> ±0.10
	6.ay / M6	1.19 <sup>a</sup> ±0.03	1.30 <sup>ab</sup> ±0.09	1.27 <sup>a</sup> ±0.13

<sup>a,b</sup>:Farklı harfleri taşıyan aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $P < 0.05$ )

<sup>a,b</sup>:The difference between means with different letters in the same column are statistically significant ( $P < 0.05$ )

\*GSS:Glutensiz sıvı sos / Gluten-free batter

GSS1:%30Pirinç unu/%70Mısır unu/%15Mısır nişastası; GSS2:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%5Mısır nişastası;

GSS3:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%15Mısır nişastası

GSS1:30%Rice flour/70%Corn flour/15%Corn starch; GSS2:40%Rice flour/60%Corn flour/5%Corn starch; GSS3:40%Rice flour/60%Corn flour/15%Corn starch

#M0:Zero month, M1:First month, M2:Second month, M3:Third month, M4:Fourth month, M5:Fifth month, M6:Sixth month



Lipit oksidasyonunun başlangıç aşamasında lipitlerin parçalanması sonucu açığa çıkan dien konjuge linoleik hidroperoksit bileşikler spesifik dalga boyunda (232 nm) tanımlanabilirler (Serim, 1991; Cagdas ve Kumcuoglu, 2015). Konjuge dien bileşiklerinin miktarının birincil oksidasyon ürünlerinden biri olan hidroperoksit oluşumu ile paralel bir şekilde arttığı (Dominguez vd., 2019) ve hidroperoksitlerin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesi ile birlikte konjuge dien bileşiklerinin miktarının da azaldığı bilinmektedir. Ayrıca konjuge dien bileşiklerinin miktarındaki bu azalış TBARM sayısındaki artışı da işaret etmektedir (Cagdas ve Kumcuoglu, 2015). Çizelge 3'te verilen konjuge dien ve konjuge trien değerleri incelendiğinde, GSS1 ve GSS3 örnekleri için depolama süresinin sonunda azalış tespit edilmesine rağmen bu değişim istatistik olarak anlamlı değildir ( $P > 0.05$ ). GSS2 örneğinde ise başlangıçta 6.27 olarak belirlenen konjuge dien değeri depolamanın sonunda azalarak 6. ayda 3.93 değerine ulaşmıştır ( $P < 0.05$ ). Konjuge trien ise 270 nm dalga boyunda absorplanan trien konjuge linolenik hidroperoksit bileşikleri ve bunlardan oluşan ketonlar olarak bilinir (Serim, 1991). Benzer şekilde konjuge trien değeri de depolama süresince azalış eğilimi göstermiştir. GSS2 örneğinde 0. ayda 1.93 olarak hesaplanan konjuge trien değeri depolamanın sonunda 1.30 olarak bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Konjuge dien ve trien bileşiklerindeki bu azalışın lipit oksidasyonunun ilerlemesi ve ikincil oksidasyon bileşiklerinin oluşumu ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada, 5 ay süreyle  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan piliç nuggetlarda da depolamanın 2. ayında artarak en yüksek değerine ulaşan konjuge dien değeri sonrasında azalış göstermiştir (Cagdas ve Kumcuoglu, 2015). Kitre ya da karragenan kullanılarak enkapsüle edilmiş balık yağı ile zenginleştirilmiş nuggetlarda ise  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de 3 ay süreyle depolama aşamasında konjuge dien değerleri birinci ayın (30. gün) sonunda artış gösterirken konjuge dien bileşiklerinin parçalanmasına bağlı olarak depolamanın son gününde (90. gün) başlangıç (0. gün) değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir (Pourashouri vd., 2020). Çalışmamızda depolamanın 0. ve 6. ayı kıyaslandığında konjuge dien ve trien değerlerinde azalış belirlenmiş olsa da, sonuçlar ay bazında

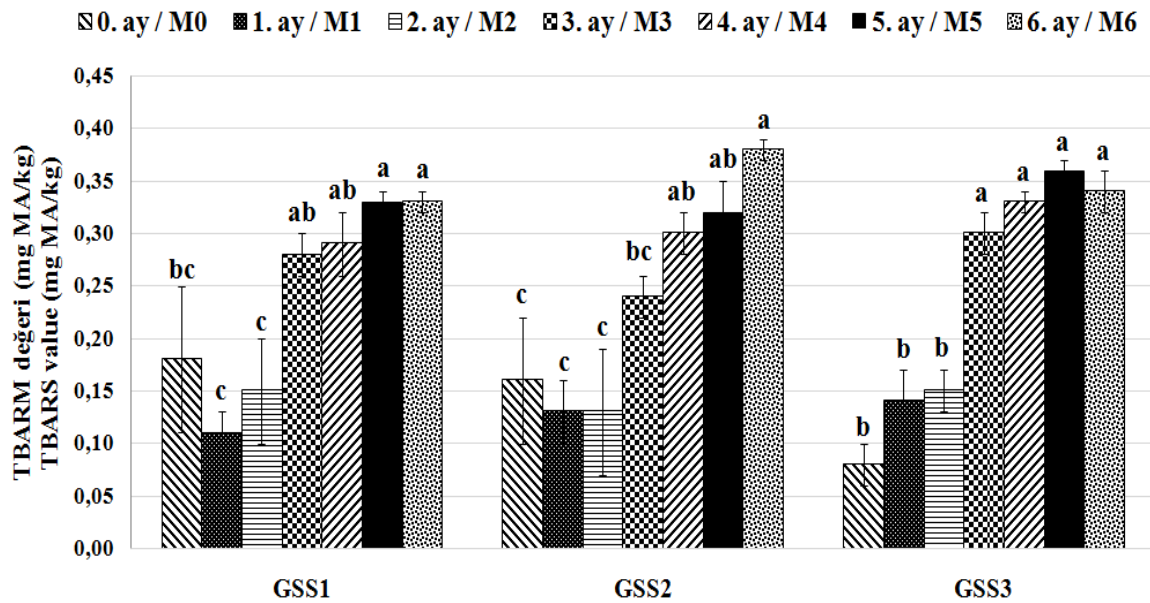
incelendiğinde yapılan çalışmalara benzer şekilde bu değerlerde 4. ayda artış, 5. ayda azalış ve 6. ayda tekrar artış söz konusudur. Bu sonuç, birincil oksidasyon ürünlerinin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşürken aynı zamanda halen birincil oksidasyon ürünlerinin oluşmaya devam ettiğini de göstermektedir.

TBARM sayısı et ve et ürünlerinde lipit oksidasyon düzeyinin belirlenmesi için kullanılan (Amaral vd., 2018; Feridoni ve Shurmasti, 2020), aldehitler, karboniller ve hidrokarbonlar gibi ikincil oksidasyon ürünlerinin miktarı hakkında bilgi veren bir yöntemdir (Cagdas ve Kumcuoglu, 2015). Glutensiz nuggetlara ilişkin TBARM değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Depolama başlangıcında GSS1, GSS2 ve GSS3 örnekleri için sırasıyla 0.18, 0.16 ve 0.08 mg MA/kg olarak belirlenen TBARM değerleri, 6. ayda sırasıyla 0.33, 0.38 ve 0.34 mg MA/kg değerlerine ulaşmıştır ( $P < 0.05$ ). Aylar arasındaki değişim incelendiğinde ise GSS1 ve GSS2 örneklerinin TBARM sayılarında ilk 2 ayda düşüş tespit edilmiştir. Bu sonuç TBA testi için beklenen bir durum olup, oksidasyon sırasında açığa çıkan kısa karbon zincirli oksidasyon ürünlerinin organik alkol ve asitlere parçalanması veya ikincil oksidasyon ürünlerinden olan malondialdehitin amino asitler ile reaksiyona girmesi TBARM sayısındaki düşüşü açıklamaktadır (Mukprasirt vd., 2001). Bu düşüşü takiben özellikle 2. ay ile kıyaslandığında 3. ayda TBARM sayılarında GSS1 örneğinde %87, GSS2 için %85 ve GSS3 örneğinde ise %100 düzeyinde hesaplanan artış dikkat çekicidir ( $P < 0.05$ ).

Lipit oksidasyonu üzerine etkili faktörlerden biri depolama süresi ve sıcaklığıdır. Et sektöründe donmuş depolama oksidatif reaksiyonları durdurmak amacıyla kullanılsa da tamamen engellenmesi mümkün değildir. Çünkü et ve et ürünlerinin dondurulması aşamasında su sıvı fazdan katı faza geçerken hacimdeki artışa bağlı olarak hücre çeperi parçalanır ve hücre içi enzimler serbest hale gelir. Ayrıca  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de halen sıvı fazda bulunan az miktardaki su ile hücre içi ve hücre dışı enzimler donmuş depolama sürecinde lipoliz reaksiyonlarını ve birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu tetikler (Leygonie vd.,

2012; Utrera vd., 2014). Çözündürme aşamasında ise koşullara bağlı olarak birincil oksidasyon ürünleri ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşür (Leygonie vd., 2012; Dominguez vd., 2019). Depolama süresindeki artışın ise serbest radikal oluşumunu tetiklediği, uzun depolama koşullarında heme-protein yapısından ayrılarak serbest kalan demirin lipit oksidasyonunun başlangıç ve gelişme aşamalarındaki birçok reaksiyonu katalizlediği bilinmektedir (Dominguez vd., 2019). Bu açıklamalar, -18°C'de 6 ay süreyle depolanan glutensiz nuggetlarda lipit oksidasyonuna bağlı TBARM sayısındaki artışı desteklemektedir. Benzer şekilde, pirinç ve mısır unu içeren kaplama ile kaplanmış ve 3 ay süreyle -18°C'de depolanan piliç butların TBARM değeri depolama süresince artış göstermiştir (Mukprasirt vd., 2001). Bir diğer çalışmada glutensiz buğday

unu kullanılarak üretilen ve 21 gün süreyle 4°C'de depolanan nuggetlarda da TBARM sayısında artan depolama süresi ile birlikte artış tespit edilmiştir (Taşbaş vd., 2016). Amarant ununun %50 ve %100 oranında buğday unu yerine kullanıldığı çalışmada da (Tamsen vd., 2018), 4°C'de 13 gün süreyle depolanan glutensiz nuggetlarda lipit oksidasyonunun bir sonucu olarak TBARM değerinin yükseldiği belirlenmiştir. Literatürde çok sayıda benzer çalışmaya rastlamak mümkün olup bu çalışmaların ortak çıktısı, 4°C'de ya da -18°C'de depolanan piliç nuggetlarda TBARM sayının depolama süresince artış göstermesidir (Kumar vd., 2013; Cagdas ve Kumcuoglu, 2015; Haghshenas vd., 2015; Sohaib vd., 2017; Feridoni ve Shurmasti, 2020).



a,b,c:Aynı grupta farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $P < 0.05$ )

a,b,c:The difference between means with different letters in the same group are statistically significant ( $P < 0.05$ )

GSS:Glutensiz sıvı sos / *Gluten-free batter*

GSS1:%30Pirinç unu/%70Mısır unu/%15Mısır nişastası; GSS2:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%5Mısır nişastası;

GSS3:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%15Mısır nişastası

GSS1:30%*Rice flour*/70%*Corn flour*/15%*Corn starch*; GSS2:40%*Rice flour*/60%*Corn flour*/5%*Corn starch*; GSS3:40%*Rice flour*/60%*Corn flour*/15%*Corn starch*

M0:Zero month, M1:First month, M2:Second month, M3:Third month, M4:Fourth month, M5:Fifth month, M6:Sixth month

TBARM:Tiyobarbitürik asit reaktif madde sayısı / TBARS:Thiobarbituric acid reactive substance value

Şekil 1. Glutensiz piliç nuggetların depolama sürecince TBARM değerlerindeki değişim

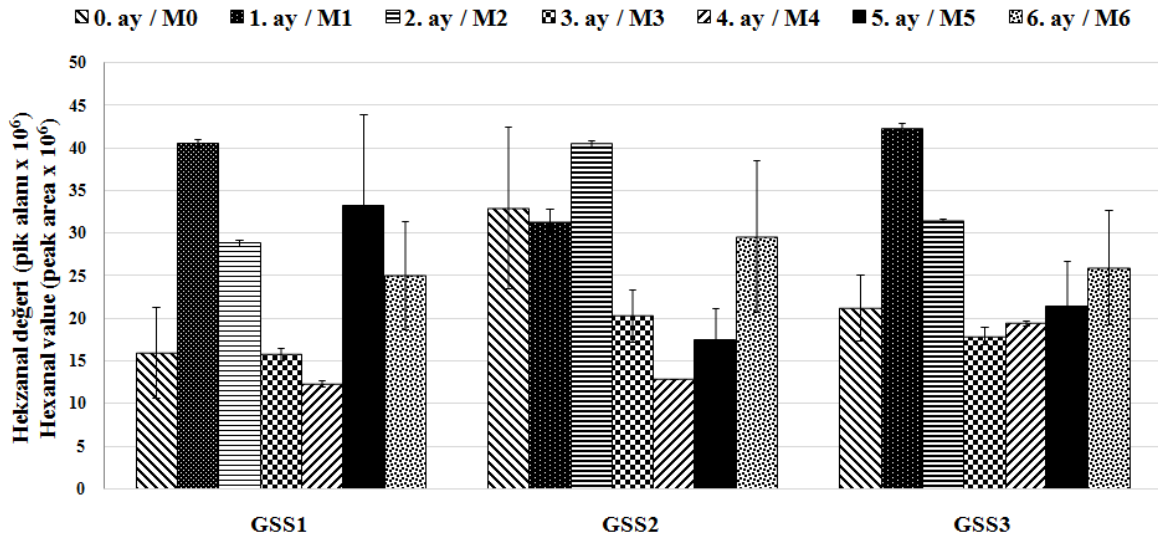
Figure 1. Changes in TBARS value of gluten-free chicken nuggets during frozen storage

Şekil 1'deki veriler farklı sıvı sos bileşiminin etkisi açısından incelendiğinde ise farklı oranlarda pirinç unu, mısır unu ve mısır nişastası kullanımının TBARM sayısı üzerine etkili olmadığı sonucuna varılmıştır ( $P > 0.05$ ). Yağ miktarının lipit oksidasyonu üzerine etkili olduğu bilinmekle birlikte (Mukprasirt vd., 2001), GSS1, GSS2 ve GSS3 örneklerinin benzer yağ miktarına sahip oluşu, TBARM sayıları arasında bir fark bulunmamasını destekler niteliktedir. Benzer şekilde Jackson vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada da, kaplama bileşiminde pirinç ya da buğday unu kullanımının  $-23^{\circ}\text{C}$ 'de 90 gün süreyle depolanan nuggetların TBARM sayısı üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir. Bir ürünün tüketiciler tarafından kabul görmesi için sınır TBARM değeri 2 mg MA/kg olarak belirlenmiş olup (Feridoni ve Shurmasi, 2020), 6 aylık donmuş depolama sonunda ölçülen TBARM değerleri bu limitin altında kalmıştır. Bu sonuç, farklı oranda pirinç unu, mısır unu ve mısır nişastası kullanılarak üretilen glutensiz nuggetların 6 ay süreyle güvenle tüketilebileceğini göstermiştir.

Pişmiş et ürünlerinde, ikincil oksidasyon ürünleri olan hekzanal, pentanal, 2,4-decadienal, 2,3-octanedione ve 2-octenal gibi uçucu karbonil bileşiklerinin oluşumu lipit oksidasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Cagdas ve Kumcuoglu, 2015). Bu bileşikler içerisinde özellikle hekzanal miktarının belirlenmesi, et ve et ürünlerinde lipit oksidasyon düzeyinin belirlenmesi açısından önemli bir indikatör olarak görülmektedir (Ross ve Smith, 2006; Guyon vd., 2016; Dominguez vd., 2019). Çünkü hekzanal miktarındaki artış diğer aldehitlere kıyasla daha yüksek olmakla birlikte hekzanal özellikle n-6 doymamış yağ asitlerince zengin et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun bir göstergesidir (Ross ve Smith, 2006; Dominguez vd., 2019). Çalışmamızda, hekzanal verilerine ilişkin istatistik olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $P > 0.05$ ). Şekil 2'de verilen sonuçlar incelendiğinde, 6 aylık donmuş

depolama süresince artış ve azalışların belirlendiği, en yüksek hekzanal değerine ise GSS1 (40.64 pik alanı  $\times 10^6$ ) ve GSS3 (42.29 pik alanı  $\times 10^6$ ) için 1. ayda, GSS2 için ise 2. ayda (40.59 pik alanı  $\times 10^6$ ) ulaşıldığı gözlenmiştir. Bu pik seviyesinden sonra ilerleyen aylarda azalan hekzanal miktarı depolamanın son aylarında tekrar artış göstermiştir. Ayrıca 0. ve 6. aylara ait hekzanal değerleri kıyaslandığında da depolamanın sonunda GSS1 ve GSS3 örneklerinde sırasıyla %56 ve %22 düzeyinde artış gözlenirken, GSS2 örneğinde yaklaşık %10'luk bir azalış hesaplanmıştır. Hekzanal miktarındaki azalışlar, hekzanal bileşiminin proteinlerin serbest amino ( $-\text{NH}_2$ ) ya da sülfidril ( $-\text{SH}$ ) gruplarına bağlanması sonucu uçuculuğunu yitirmesi ve tespit edilememesi ile ilişkilendirilmektedir (Pignoli vd., 2009). Çalışmamızın sonuçları ile benzer şekilde, soğuk ya da donmuş depolama koşullarında yürütülen çalışmalarda da, lipit oksidasyonunun bir göstergesi olarak piliç etinde hekzanal içeriğinin arttığı ifade edilmiştir (Hassan ve Fan, 2005; Sampaio vd., 2012; Marques Pino vd., 2013; Sohaib vd., 2017).

Özetle bu çalışma verileri, farklı oranda pirinç unu:mısır unu (40:60 ya da 30:70) ve mısır nişastası (%5 ya da %15) ile formüle edilen sıvı sos kullanılarak üretilen glutensiz nuggetlarda 6 aylık donmuş depolama periyodunda açığa çıkan lipolitik reaksiyonların düzeyi hakkında detaylı bilgi sunmaktadır. Lipoliz ve lipit oksidasyonu reaksiyonlarının depolama süresince artış eğiliminde olduğu ancak sonuçların güvenli tüketim limitlerini aşmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca farklı bileşimde sıvı sos kullanımının bu reaksiyonlar üzerine etkili bir faktör olmadığı da belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, 3 farklı sıvı sos formülasyonu kullanılarak üretilen glutensiz nuggetların, donuk olarak satışa sunulduğu takdirde 6 ay süreyle güvenle tüketilebileceğini ve bu süreçte lipolitik değişimler açısından ürün kalitesinin korunduğunu göstermiştir.



GSS:Glutensiz sıvı sos / *Gluten-free batter*

GSS1:%30Pirinç unu/%70Mısır unu/%15Mısır nişastası; GSS2:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%5Mısır nişastası;

GSS3:%40Pirinç unu/%60Mısır unu/%15Mısır nişastası

GSS1:30%*Rice flour*/70%*Corn flour*/15%*Corn starch*; GSS2:40%*Rice flour*/60%*Corn flour*/5%*Corn starch*; GSS3:40%*Rice flour*/60%*Corn flour*/15%*Corn starch*

M0:Zero month, M1:First month, M2:Second month, M3:Third month, M4:Fourth month, M5:Fifth month, M6:Sixth month

Şekil 2. Glutensiz piliç nuggetların depolama sürecinde hekzanal değerlerindeki değişim

Figure 2. Changes in hexanal value of gluten-free chicken nuggets during frozen storage

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar tarafından bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZARLARIN KATKISI

Esra Selin DAVARCIOĞLU, nugget hamuru ile sıvı ve kuru sos formülasyonlarının geliştirilmesi, denemenin kurulması, besinsel bileşim ve TBARM analizlerinin yapılması, istatistik değerlendirme aşamalarında, Eda DEMİROK SONCU ise denemenin kurulması, hekzanal, serbest yağ asitliği, konjuge dien ve konjuge trien analizlerinin yapılması, istatistik değerlendirme ve makalenin yazım sürecinde görev almıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen “15L0443009” nolu ve “Glutensiz tavuk nugget üretiminde alternatif ürün formülasyonları, kalite karakteristikleri ve depolama stabilitesindeki değişimler” konulu projeden yola çıkılarak hazırlanmıştır. Tüm

çalışma boyunca desteğini ve bilgisini bizden esirgemeyen, bize yol gösteren doktora danışmanımız Prof. Dr. Nuray KOLSARICI'ya teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca glutensiz nugget üretimi aşamasında proje ekibine değerli katkısını esirgemeyen Erpiliç Entegre Tavukçuluk Üretim Pazarlama ve Tic. Ltd. Şti Ar-Ge birimi çalışanlarına da teşekkürlerimizi sunuyoruz.

## KAYNAKLAR

Akoğlu, İ.T. (2012). Konjuge linoleik asidin (KLA) mikroenkapsülasyonu ve kaplamalı tavuk eti ürünlerinin KLA ile zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 110 s.

Amaral, A.B., Silva, M.V.d., Lannes, S.C.Ds. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors—a review. *Food Sci.Tech.*, 38: 1-15.

Anonymous. (2008). Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten.

- CXS-118 1979. In: *Codex Alimentarius International Food Standards*.
- Anonymous. (2017). Çölyak ve görülme sıklığı. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/metabolizma-ve-colyak/>
- AOAC. (2010a). *Official methods of analysis of AOAC International*. Washington, DC, USA.
- AOAC. (2010b). Official method 991.19: Gliadin as a measure of gluten in foods: Colorimetric monoclonal antibody enzyme immunoassay method. First action 1991. Final action 2001. In: *AOAC International*, Gaithersburg, MD.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37(8): 911-917.
- Cagdas, E., Kumcuoglu, S. (2015). Effect of grape seed powder on oxidative stability of precooked chicken nuggets during frozen storage. *J. Food Sci. Technol.*, 52(5): 2918-2925.
- Catassi, C., Fasano, A. (2008). Celiac disease. In: *Gluten-free cereal products and beverages*. Elsevier, pp. 2-28.
- Chandralekha, S., Babu, A.J., Moorthy, P.S., Karthikeyan, B. (2012). Studies on the effect of pomegranate rind powder extract as natural antioxidant in chicken meat balls during refrigerated storage. *J. Adv. Vet. Res.*, 2(2): 107-112.
- Das, A.K., Anjaneyulu, A., Gadekar, Y., Singh, R.P., Pragati, H. (2008). Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Sci.*, 80(3): 607-614.
- Davarcioglu, E., Kolsarici, N. (2019). Effects of innovative gluten-free coatings on quality, sensory and microbial properties of chicken nuggets. *Ital. J. Food Sci.*, 31(2): 385-400.
- de Carvalho, L.R.S., da Silva, C.H.D., Giada, Md.L.R. (2018). Physical, chemical and sensorial properties of low-fat and gluten-free chicken nuggets. *J. Culn. Sci. Technol.*, 16(1): 18-29.
- Devatkal, S., Kadam, D., Naik, P., Sahoo, J. (2011). Quality characteristics of gluten-free chicken nuggets extended with sorghum flour. *J. Food Qual.*, 34(2): 88-92.
- Dominguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W., Lorenzo, J.M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10): 429-459.
- Feridoni, S.B., Shurmasti, D.K. (2020). Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget. *Food Sci. Nutr.*, 8(7): 3704-3715.
- Gandemer, G. (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci.*, 62(3): 309-321.
- Gökçe, R., Akgün, A.A., Ergezer, H., Akcan, T. (2016). Farklı kaplama bileşenleriyle kaplamanın derin yağda kızartılan piliç nuggetların bazı kalite karakteristikleri üzerine etkileri. *Tar. Bil. Der.*, 22: 331-338.
- Guyon, C., Meynier, A., de Lamballerie, M. (2016). Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends Food Sci. Technol.* 50: 131-143.
- Haghshenas, M., Hosseini, H., Nayebzadeh, K., Kakesh, B.S., Mahmoudzadeh, M., Fonood, R.K. (2015). Effect of beta glucan and carboxymethyl cellulose on lipid oxidation and fatty acid composition of pre-cooked shrimp nugget during storage. *LWT-Food Sci. Technol.* 62(2): 1192-1197.
- Hassan, O., Fan, L.S. (2005). The anti-oxidation potential of polyphenol extract from cocoa leaves on mechanically deboned chicken meat (MDCM). *LWT-Food Sci. Technol.* 38(4): 315-321.
- Jackson, V., Schilling, M., Coggins, P., Martin, J.M. (2006). Utilization of rice starch in the formulation of low-fat, wheat-free chicken nuggets. *J. Appl. Poult. Res.* 15(3): 417-424.
- Jackson, V., Schilling, M., Falkenberg, S., Schmidt, T.B., Coggins, P.C., Martin, J.M. (2009). Quality characteristics and storage stability of baked and fried chicken nuggets formulated with wheat and rice flour. *J Food Qual.*, 32(6): 760-774.

- Jnawali, P., Kumar, V., Tanwar, B. (2016). Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Sci. Hum. Well.*, 5(4): 169-176.
- Kerimoğlu, B.Ö., Serdaroğlu, M. (2019). Celiac disease and new attempts to develop gluten-free meat product formulations. *Food and Health* 5(4): 253-264.
- Kıralan, M. (2010). Türk zeytinyağlarının zeytin çeşitlerine göre aroma profillerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 159 s.
- Köroğlu, E.S. (2017). Glutensiz tavuk nugget üretiminde alternatif ürün formülasyonları, kalite karakteristikleri ve depolama stabilitesindeki değişimler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi, Ankara, Türkiye, 165 s.
- Kumar, V., Biswas, A.K., Sahoo, J., Chatli, M.K., Sivakumar, S. (2013). Quality and storability of chicken nuggets formulated with green banana and soybean hulls flours. *J. Food Sci. Technol.*, 50(6): 1058-1068.
- Leygonie, C., Britz, T.J., Hoffman, L.C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review. *Meat Sci.*, 91(2): 93-98.
- Marques Pino, L., Cavaleiro, C., Conceição Castilho, Md., Bismara Regitano D'arce, M.A., Da Silva Torres, E.A., Ramos, F. (2013). The use of natural antioxidants (oregano and sage) to reduce hexanal production in precooked chicken during chill storage. *Vitae* 20(2): 105-110.
- Mauriello, G., Casaburi, A., Blaiotta, G., Villani, F. (2004). Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of Southern Italy. *Meat Sci.*, 67(1): 149-158.
- Mielnik, M., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D., Skrede, G. (2006). Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Sci. Technol.*, 39(3): 191-198.
- Missbach, B., Schwingshackl, L., Billmann, A., Mystek, A., Hickelsberger, M., Bauer, G., König, J. (2015). Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *PeerJ*, 3: e1337.
- Modi, V., Mahendrakar, N., Sachindra, N., Rao, D.N. (2004). Quality of nuggets prepared from fresh and smoked spent layer chicken meat. *J. Muscle Foods*, 15(3): 195-204.
- Mukprasirt, A., Herald, T., Boyle, D., Boyle, E.A.E. (2001). Physicochemical and microbiological properties of selected rice flour-based batters for fried chicken drumsticks. *Poultry Sci.*, 80(7): 988-996.
- Niewinski, M.M. (2008). Advances in celiac disease and gluten-free diet. *J. Am. Diet Assoc.*, 108(4): 661-672.
- Özugur, G., Hayta, M. (2011). Tahıl esashı glutensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi. *GIDA*, 36(5): 287-294.
- Pignoli, G., Bou, R., Rodriguez-Estrada, M., Decker, E.A. (2009). Suitability of saturated aldehydes as lipid oxidation markers in washed turkey meat. *Meat Sci.*, 83(3): 412-416.
- Pinkaew, P., Naivikul, O. (2019). Development of gluten-free batter from three Thai rice cultivars and its utilization for frozen battered chicken nugget. *J. Food Sci. Technol.*, 56(8): 3620-3626.
- Pourashouri, P., Shabanpour, B., Heydari, S., Raci, S. (2020). Encapsulation of fish oil by carrageenan and gum tragacanth as wall materials and its application to the enrichment of chicken nuggets. *LWT-Food Sci. Tech.*, 137: 110334.
- Reddy, D.M. (2017). Comparative effect of green tea extract and BHA on chicken meat nuggets during frozen storage. *Chem. Sci. Rev. Lett.*, 6(21): 585-588.
- Rodrigo, L. (2006). Celiac disease. *World J. gastroenterol.*, 12(41): 6577-6584.
- Ross, C.F., Smith, D.M. (2006). Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safe.*, 5(1): 18-25.
- Sampaio, G., Saldanha, T., Soares, R., Torres, E.A.F.S. (2012). Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked

- chicken meat during refrigerated storage. *Food Chem.*, 135(3): 1383-1390.
- Santhi, D., Kalaikannan, A. (2014). The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets. *J. Nutr. Food Sci.*, 4(1): 260.
- Serim, F. (1991). Bitkisel yağların farklı sıcaklık ve sürelerdeki oksidasyon düzeyinin spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmesi. *GIDA*, 16(2): 123-129.
- Shih, F., Daigle, K. (1999). Oil uptake properties of fried batters from rice flour. *J. Agric. Food Chem.*, 47(4): 1611-1615.
- Sohaib, M., Anjum, F.M., Arshad, M.S., Imran, M., Imran, A., Hussain, S. (2017). Oxidative stability and lipid oxidation flavoring volatiles in antioxidants treated chicken meat patties during storage. *Lipids Health. Dis.*, 16(1): 27.
- Soncu, E.D. (2014). Kaplamalı tavuk ürünlerinde kızartma sırasında akrilamid oluşumunun incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 152 s.
- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., Soltanizadeh, N., (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT-Food Sci Tech.*, 91: 580-587.
- Taşbaş, H., Osanmaz, E., Özer, C.O., Kiliç, B. (2016). Quality characteristics and storage stability of gluten-free coated chicken nuggets. *Carpathian J. Food Sci. Tech.*, 8(4): 91-103.
- Utrera, M., Morcuende, D., Estévez, M. (2014). Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties. *Meat Sci.*, 96(3): 1250-1257.
- Verma, A.K., Rajkumar, V., Kumar, S. (2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *J. Food Sci. Technol.*, 56(11): 5027-5035.