



Katıfaz Fermentasyonu ile Arpanın Besin Değerinin İyileştirilmesi*

Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ^{1a}✉, Büşra DURLU^{2b}, Royale AHMADOVA^{1c}

1. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE.
2. Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, TÜRKİYE.
ORCID: 0000-0003-1153-3489^a, 0000-0002-3339-1322^b, 0000-0002-6547-2872^c

Geliş Tarihi/Received	Kabul Tarihi/Accepted	Yayın Tarihi/Published
01.08.2019	27.11.2019	25.12.2019

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article:
Bölükbaşı Aktaş ŞC, Durlu B, Ahmadova R: Katıfaz Fermentasyonu ile Arpanın Besin Değerinin İyileştirilmesi. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 14(3): 315-323, 2019. DOI: 10.17094/ataunivbd.599762.

Öz: Bu çalışmada, nar kabuğu (NK) ilave edilerek peynir altı suyu (PAS) ile katı faz fermentasyonuna tabi tutulan arpanın (A) besin madde içeriğinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Denemede dört grup oluşturulmuş, birinci grup A + PAS + %0,5 NK, ikinci grup A + PAS + %1 NK, üçüncü grup A + PAS + %1,5 NK ve dördüncü grup A + PAS + %2 NK şeklinde oluşturulmuştur. Karışımlar arpaya sırasıyla 0.5, 1, 1.5 ve 2 g nar kabuğu ilave edilerek 100 g'a tamamlanacak şekilde hazırlanmıştır. Her grup onbeş tekerrürden oluşmuştur. Hazırlanan karışımlar 500 ml'lik erlenmayerlere konulmuş ve üzerlerine 120 ml peynir altı suyu ilave edilerek homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Her grup için hazırlanan 15 adet erlenmayerden 5 adedi fermente edilmeden oda sıcaklığında kurutulmuştur. Geriye kalan erlenmayerlerin yarısı 32±2 °C'de inkübatörde 24 saat diğer yarısı ise 48 saat süreyle fermentasyona tabi tutulmuştur. Fermentasyon sonrası hem fermente yemlerin hem de fermente edilmeyen yemlerin kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül, ham selüloz, antioksidan aktiviteleri ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) sayıları belirlenmiştir. Bu çalışmada, fermente yemlerin ham protein ve ham kül oranlarının önemli derecede arttığı, ham yağ oranlarının ise azaldığı tespit edilmiştir. Fermente edilen arpanın maya içeriği ve antioksidan aktivitesinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak arpaya fonksiyonel özellik kazandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Katı faz fermentasyonu, Maya, Nar Kabuğu, Peyniraltı suyu.

Improving the Nutritional Value of Barley by Solid State Fermentation

Abstract: In this study, it was aimed to determine the effect of solid state fermentation with whey (W) on nutrient composition of pomegranate peel (PP) supplemented barley (B). Experiment was conducted with four groups such as the 1st group B+W+0.5% PP, the 2nd group B+W+1% PP, the 3rd group A+W+1.5% PP and the 4th group A+W+2% PP, respectively. The mixtures were prepared to complete 100 grams of barley with 0.5, 1, 1.5 and 2 grams of pomegranate peel (PP). Each group consisted of fifteen replicates. Prepared mixtures were placed in 500 ml erlenmayers and 120 ml whey was added and then mixed homogeneously. Five of the erlenmayers prepared for each group without being fermented were dried at room temperature. Half of the remaining erlenmayers were fermented in the incubator at 32 ± 2 °C for 24 hours and the other half for 48 hours. After fermentation, dry matter, crude protein, ether extract, crude ash, crude fiber, antioxidant activities and yeast numbers were determined in fermented and non-fermented feed samples. This study, crude protein and crude ash ratios of fermented feeds increased significantly and ether extract ratios decreased. The fermented barley had a significant increase in the yeast content and antioxidant activity. Finally, the functional properties of barley have been gained.

Keywords: Barley, Pomegranate peel, Solid state fermentation, Whey, Yeast.

✉ Şaziye Canan Bölükbaşı Aktaş
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE.
e-posta: canan@atauni.edu.tr

*Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: 2015/407

GİRİŞ

Kanatlı beslemede enerji yemleri arasında kullanılan arpanın kullanımında sınırlamalar vardır. Bunun en önemli nedeni ise, hayvan performansı üzerine negatif etki yaratan nişasta tabiatında olmayan polisakkaritlerdir. Buna ilaveten, kanatlılarda fitaz enzimi az salgılandığı için bitkisel kaynaklı fosfordan (fitin) kanatlılar çok az yararlanır. Nişasta tabiatında olmayan polisakkaritleri ve fitin fosforunu parçalayan enzimler, özellikle büyümekte olan kanatlılar tarafından çok az salgılandığından, bu yemlerden yararlanma oranı da azalır. Bu nedenle, büyüyen kanatlılarda bu yemlere dayalı rasyonlar kullanıldığı zaman yemlere enzim katılmakta veya tahılların besleme değerini artırmak için ıslatma (1) ve fermentasyon (2) teknikleri kullanılmaktadır.

Fermentasyon işlemi yemlerin veya yan ürünlerin hayvanlar için daha yararlı hale getirilmesini sağlayan biyoteknolojik bir süreçtir. Bu süreçte kimyasal kullanımına gerek olmayıp çiftlik şartlarında bile çok rahat uygulanabilmektedir. Bu yöntemle yemlerdeki antibesinsel faktörler azaltılabilmekte, yemin protein değeri artırılabilen, besin sindirilebilirliği iyileştirilebilmektedir (3,4,5). Katı faz fermentasyonu kendine has özellikleri olan, düşük maliyetli ekipmanlar kullanımına uygun, yüksek miktarda verim etkinliğine sahip ve düşük işletim maliyeti olan biyolojik ve fonksiyonel ürün üretimi için uygun ve modern bir yöntemdir (6,7). Çalışmada katı faz fermentasyonunda endüstriyel bir yan ürün olan ve hayvan besleme için değerli ve fonksiyonel biyolojik moleküller içeren yüksek miktarda antioksidan kapasitesine sahip nar kabuklarından faydalanılmıştır. Ülkemizde yaklaşık üretim miktarı 518.000 ton olan narın büyük kısmı meyve suyu üretiminde kullanılmakta olup, üretim aşamasında bunun yaklaşık %48'lik yararlanılmayan bir kısmı ortaya çıkmaktadır. Tohum ve kabuktan oluşan yararlanılmayan kısım polifenoller, ellajik asit, vitaminler ve çoklu doymamış yağ asitlerince zengin biyoaktif komponentler içermektedir (8,9). Bu

kısımlar antioksidan, antikanserojen ve antimikrobiyal etkiye sahiptirler.

Çalışmada fermentasyon için nar kabuğunun yanında saf protein ve mineral madde bakımından zengin diğer bir yan ürün olan peynir altı suyu kullanılmıştır. Peynir üretiminin yan ürünü olan peynir altı suyu kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra biyolojik değeri yüksek olan proteinler bakımından zenginlik göstermektedir. Peynir altı suyu beslenme açısından önemli olduğu kadar, aminoasitlerin denge kaynağı olması yönünden de önem taşımaktadır (10).

Bu çalışmada arpanın katı-faz fermentasyon metodu kullanılarak antioksidan değeri yüksek olan nar kabuğu ve saf protein ve minerallerce zengin olan peynir altı suyu gibi endüstriyel yan atıklar ile fermente edilerek besin madde içeriklerinin artırılması ve kanatlı hayvanlar için daha faydalı olabilecek fonksiyonel bir yem maddesi geliştirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Fermentasyon işlemi öncesinde arpa (A) ve nar kabukları (NK) öğütülerek 3 mm'lik bir elekten geçirilmiştir. Çalışma grupları, birinci grup A (arpa)+ PAS (peynir altı suyu) +%0.5 NK (nar kabuğu), ikinci grup A +PAS+ %1 NK, üçüncü grup A +PAS+ %1.5 NK ve dördüncü grup A+PAS+ %2 NK şeklinde oluşturulmuştur. Çalışmada, arpaya sırasıyla 0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 g nar kabuğu (NK) ilave edilerek 100 gr'a tamamlanmıştır. Katı faz fermentasyonunun gerçekleşmesi ve mayaların gelişip çoğalabilmesi için gerekli olan nemin (optimum %66) ayarlanması için besin madde kompozisyonu yüksek ve peynir üretiminin yan ürünü olarak meydana gelen fakat herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen peynir altı suyundan yararlanılmıştır. Karışımlara 120 ml peynir altı suyu ilave edilerek homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Böylece karışımın nem oranı katı faz fermentasyonu için ideal olan nem oranına (ortalama %66 olarak, 120 ml peynir altı suyu + %10.5 arpanın

nem içeriği) ayarlanmıştır. Her grup onbeş tekerrür olacak şekilde hazırlanıp 500 ml'lik erlenmayerlere konulmuştur. Her grup için hazırlanan erlenmayerlerden 5 adedi fermentasyona tabi tutulmadan naylon örtü üzerine boşaltılarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Geriye kalan erlenmayerlerin ağızları pamukla kapatılarak yarısı (her gruptan beş adet) 24 saat süreyle diğer yarısı ise 48 saat süreyle *Saccharomyces cerevisiae* mayasının gelişiminin sağlanması için 32 ± 2 °C de inkübatörde fermentasyona tabi tutulmuştur. Fermentasyon sonrası yem örnekleri boşaltılarak gölgede oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işleminden sonra yemlerde ham protein (HP), ham yağ (HY), ham selüloz (HS), ham kül (HK) ve kuru madde (KM) analizleri Wendee analiz yöntemine göre (11), antioksidan aktivitesi (12) ve maya sayımı (13) yapılmıştır. Araştırmada kullanılan arpa, nar kabuğu ve peynir altı suyuna ait besin değerleri Tablo 1. de sunulmuştur.

Tablo. 1. Denemede kullanılan arpa, nar kabuğu ve peynir altı suyunun besin madde kompozisyonu (%).
Table 1. Nutrient composition of barley, pomegranate peel and whey used in the experiment (%).

Yemler	KM	HP	HY	HK	HS
Arpa	89.5	11.1	3.7	3.7	3.1
Nar Kabuğu	77.9	3.5	2.6	4.2	11.9
Peynir altı suyu	6.6	1	0.8	0.5	-

KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HK: Ham kül, HS: Ham selüloz

İstatistiksel Analiz

Araştırma materyali yemlerin besin madde içeriklerine ait verilerin analizleri Genel Linear Model prosedürü ile SPSS 17.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arasında önemli bulunan ortalamaların önem kontrolleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir (14).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Arpanın nar kabuğu ilave edilerek peynir altı suyu ile karıştırılıp fermentasyon öncesi (0. saat) ve fermentasyonun 24 ve 48. saatindeki kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül ve ham selüloz analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde fermentasyon öncesi (0.saat) KM, HP, HY, HK ve HS değerleri bakımından gruplar arasında önemli derecede farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Fermentasyonun 24. saatinde KM, HP, HY ve HK bakımından gruplar arasında fark önemli bulunmazken ham selüloz bakımından bu farkın önemli ($P<0.05$) olduğu ve en düşük ham selüloz değerinin A+ PAS+ %0.5 NK grubunda olduğu belirlenmiştir. Fermentasyonun 48. saatinde yine kuru madde, ham protein ve ham kül bakımından gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir. Ancak ham yağ ve ham selüloz bakımından önemli derecede farklılık olduğu, en düşük ham yağ oranının A+PAS+%1 NK grubunda, en düşük ham selüloz değerinin ise A+PAS+%0.5 NK grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Fermentasyon süresinin arpanın besin madde kompozisyonu üzerine etkisi incelendiğinde kuru madde bakımından herhangi bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Yemlerin ham protein ve ham kül değerlerinin fermentasyon süresine bağlı olarak önemli derecede arttığı, en yüksek ham protein değerinin fermentasyonun 24.saatinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Ham yağ ve ham selüloz değerlerinin de fermentasyon süresinden etkilendiği bulunmuş, fermentasyon süresine bağlı olarak ham yağ değerinde önemli düzeyde azalma görülmüştür. Ham selüloz değerinin ise yalnızca fermentasyonun 24.saatinde önemli düzeyde ($P<0.05$) azaldığı belirlenmiştir.

Tablo. 2. Fermentasyon öncesi ve sonrası yemlerin besin madde kompozisyonu (%).**Table 2.** Nutrient composition of feed before and after fermentation (%).

Süre	Yemler	Kuru madde	Ham protein	Ham yağ	Ham selüloz	Ham kül
0.saat	A+PS+% 0.5 NK	89.70	11.87	4.01	3.17	4.01
	A+PS+% 1 NK	90.11	11.93	4.11	3.23	4.12
	A+PS+% 1.5 NK	90.25	12.01	3.99	3.28	4.10
	A+PS+% 2 NK	91.03	11.67	4.26	3.36	4.23
	SEM	0.32	0.39	0.10	0.25	0.18
	P	ÖS	ÖS	ÖS	ÖS	ÖS
24.saat	A+PS+% 0.5 NK	90.57	14.07	2.31	2.03 ^b	4.44
	A+PS+% 1 NK	91.88	14.10	2.70	3.01 ^a	4.44
	A+PS+% 1.5 NK	91.82	12.74	2.45	3.43 ^a	4.58
	A+PS+% 2 NK	91.86	15.44	2.61	3.27 ^a	4.77
	SEM	0.32	0.59	0.09	0.18	0.12
	P	ÖS	ÖS	ÖS	0.03	ÖS
48.saat	A+PS+% 0.5NK	92.09	13.77	2.26 ^a	2.60 ^b	4.62
	A+PS+% 1NK	92.11	13.27	1.95 ^b	3.59 ^{ab}	4.88
	A+PS+% 1.5NK	91.99	13.32	2.40 ^a	3.38 ^{ab}	4.79
	A+PS+% 2NK	91.93	15.14	2.52 ^a	4.01 ^a	4.84
	SEM	0.121	0.32	0.076	0.19	0.20
	P	ÖS	ÖS	0.018	0.050	ÖS
Fermentasyon Süresi	0.saat	90.27	11.87 ^c	4.09 ^a	3.26 ^a	4.12 ^b
	24.saat	91.45	14.09 ^a	2.52 ^b	2.93 ^b	4.56 ^a
	48.saat	92.03	13.87 ^b	2.28 ^b	3.40 ^a	4.78 ^a
	SEM	0.42	0.39	0.08	0.27	0.23
	P	ÖS	*	*	*	*
Nar Kabuğu Seviyesi	%0.5 NK	90.78	13.24 ^b	2.86	2.60 ^b	4.36
	%1 NK	91.36	13.10 ^b	2.92	3.28 ^a	4.48
	%1.5 NK	91.35	12.69 ^c	2.95	3.36 ^a	4.49
	%2 NK	91.61	14.08 ^a	3.13	3.55 ^a	4.61
	SEM	0.28	0.41	0.08	0.20	0.26
	P	ÖS	0.050	ÖS	0.010	ÖS
Fermentasyon Süresi x Nar Kabuk Seviyesi		ÖS	ÖS	ÖS	ÖS	ÖS

a-b: Bir sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. A:Arpa PS: Peynir altı suyu NK: Nar kabuğu, ÖS: Önemsiz

* P<0.05

Baran (15), *L. salivarius* ile katı faz fermentasyonuna tabi tuttuğu arpa, buğday ve yulafın kuru madde oranlarında önemli derecede değişimler olduğunu bildirmiştir. 48 saatlik fermentasyon sonucunda buğday ve yulafın kuru madde miktarının önemli düzeyde azaldığını, arpanın kuru madde oranının ise önemli derecede arttığını tespit etmiştir. Ancak bu çalışmada kuru madde oranının fermentasyon süresinden etkilenmediği belirlenmiştir. Yaşar (16), peynir altı suyu fermentasyonuna tabi tuttuğu narenciye posalı arpa, buğday ve yulafın kuru madde oranında herhangi bir

değişiklik olmadığını rapor etmiştir. Fermentasyon sonrası yemlerin ham kül oranındaki artış maya sayısında meydana gelen artışla ilişkilendirilmiştir. Çünkü mayalar kuru madde üzerinden yaklaşık %6-9 arasında ham kül içermektedir. Mayaların içerdiği ham külün büyük bir kısmını fosfor oluşturmakta ve bunu sırasıyla K, Mg, Ca, Na takip etmektedir. Maya külünde az miktarda demir, silisyum ve kükürt, iz miktarda ise bakır ve çinko bulunmaktadır (17). Yaşar (16), peynir altı suyu ile fermente ettiği arpa, yulaf ve buğdayın, Baran (15) ise *Lactobacillus salivarius* ile fermente ettiği arpa, buğday ve yulafın ham kül

oranının önemli derecede yükseldiğini belirtmiştir. Ayrıca, altı farklı maya suşu ile fermente edilen soyadan elde edilen "Okora" adlı ürünün ham kül oranında %3-25 arasında değişen bir artış olduğu bildirilmiştir (18). Benzer olarak, Shi ve ark. (19), *Bacillus subtilis* ve *Enterococcus faecium* ile fermente ettikleri mısır-soya karışımı yemin ham kül oranında önemli derecede bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. *Saccharomyces cerevisiae* ile fermente edilen soya fasulyesi küspesinin ham kül miktarının 61 g/kg'dan 71 g/kg'a çıktığı bildirilmiştir (20).

Mevcut çalışmada fermentasyona bağlı olarak yemlerin yağ oranının düştüğü görülmüştür. Benzer olarak, Rashad ve ark. (18) farklı maya suşları ile fermente edilen soya fasülyesi yan ürünü Okora'nın ham yağ miktarında önemli düzeyde azalma olduğunu, *S. cerevisia* ile fermente edilen ürünün ham yağ oranında ise -%6.67 düzeyinde bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Daha önce yapılan birçok çalışmada farklı mikroorganizmalar ile fermente edilen farklı yemlerin ham yağ düzeyinde azalmalar olduğu bildirilmiştir (21,22). Mayaların yaklaşık olarak %1-7'si yağ ve benzeri maddelerden ibarettir (17). Ekmek mayasında bu oranın %2 ile %23.67 arasında olduğu bildirilmiştir. Mayalardaki yağ oranı mayanın beslenme durumuna göre değişiklik göstermektedir. İyi beslenmiş mayalarda yağ miktarı fazla olmasına rağmen, yeterince beslenememiş mayalarda az veya hiç bulunmamaktadır. Yüksek ısı, fazla havalandırma ve bol besin maddesi maya hücresinde yağ miktarını artırmaktadır (17). Bu çalışma ile benzer olarak, Baran (15), *Lactobacillus salivarius* ile fermente ettiği arpa, buğday ve yulafın ham yağ oranlarının önemli düzeyde değiştiğini, buğday ve yulafın ham yağ oranının arttığını ancak arpada azalma olduğunu tespit etmiştir.

Bu çalışmada fermentasyon süresine bağlı olarak ham protein oranının önemli derecede arttığı görülmüştür. Benzer olarak, Yaşar (16) da peynir altı suyu ile fermente ettiği arpa, yulaf ve buğdayın ham protein oranında bir miktar artış olduğunu tespit etmiştir. Rashad ve ark. (18), "Okora" adlı soya yan

ürününü altı farklı maya suşu ile fermente edip ham protein oranlarını incelemişlerdir. Fermente ürünün ham protein oranının kontrol yemine göre %54 düzeyde artış gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar ham protein oranındaki bu artışın sebebini fermentasyon sırasında ortamdaki maya sayısındaki artışın hızlı olmasına bağlamışlardır. Moore ve ark. (23), üç farklı ticari maya ile fermente ettikleri buğday kepeğinde fermentasyon sonrası ham protein oranının %11-12 düzeyinde arttığını ve bu artışın ortamdaki maya sayısındaki artıştan kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Mathot ve ark. (24), *Aspergillus niger* ile katı faz fermentasyonu sonucunda arpanın ham protein oranında görülen artışın proteaz aktivitesinde meydana gelen artıştan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Söz konusu çalışmada beklentiler doğrultusunda fermentasyon sonrası yemlerin ham protein oranında ve maya sayısında artışlar kaydedilmiştir. Genel olarak taze mayanın %20-30 oranında kuru madde içerdiği ve bu kuru maddenin de yaklaşık %45-60'ının ham proteinden oluştuğu bildirilmiştir (17). Mayaların vücut bileşenlerinin önemli düzeyde protein içermesi analiz sonuçlarındaki ham protein oranındaki artışın sebebi olarak gösterilebilir.

Mevcut çalışmada arpanın ham selüloz oranının fermentasyonun 24. saatinde azaldığı ancak 48. saatte yine arttığı tespit edilmiştir. Rashad ve ark. (18), soya yan ürünü maya suşları ile fermente edilmesi sonucu ham selüloz oranında %45'e kadar; *S. cerevisiae* ile fermentasyonunda ise %7.38 oranında bir azalma olduğunu bildirmişlerdir (22). Buğday kepeği ve pancar talaşının *Neurospora sitophila* ile fermentasyonu sonucu buğday kepeği (%54.5) ve pancar talaşındaki (%75) selülözün büyük bir kısmının parçalanarak protein biyokütlesine dönüşünü bildirmişlerdir (25). Domates posasının *Pleurotus ostreatus* ile fermentasyonunda selüloz ve hemiselülözün önemli derecede parçalanmaya maruz kaldığı bildirilmiştir (26). Yukarıda özetlenen çalışmalarda ham selüloz değerlerinin belli oranlarda azaldığı tespit edilmiştir. Ancak, mevcut araştırmada ham selüloz değerinin yalnızca fermentasyonun

24.saatinde azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak önceki çalışmalarda fermentasyon öncesi yemlere bir mikroorganizma ilavesi olmuşken, bu çalışmada fermentasyon için ayrıca bir maya ilavesi yapılmamıştır.

Hem fermentasyon öncesi hemde fermentasyonun sonrasında gruplar arasında *Saccharomyces cerevisiae* sayıları bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir. Fakat 24 ve 48 saatlik bir fermentasyon süresi sonunda yemlerin maya sayılarının fermentasyon öncesine göre önemli düzeyde ($P<0.01$) arttığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Fermentasyon öncesi ve sonrası yemlerdeki maya (*Saccharomyces cerevisiae*) sayısı (k.o.b/g).
Table 3. Number of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in feed before and after fermentation (c.f.u / g).

Yemler	0.saat	24. saat	48.saat
A+PS+% 0.5NK	4.35x10 ³	5.94x10 ^{7a}	6.10x10 ⁷
A+PS+% 1NK	4.24x10 ³	5.47x10 ^{7b}	6.19x10 ⁷
A+PS+% 1.5N	4.57x10 ³	5.02x10 ^{7c}	6.23x10 ⁷
A+PS+% 2NK	4.53x10 ³	5.54x10 ^{7b}	6.12x10 ⁷
SEM	0.19	0.126	0.031
P	ÖS	ÖS	ÖS
Fermentasyon Süresi (FS)			
0		4.42 x 10 ^{3B}	
24		5.49 x 10 ^{7A}	
48		6.16 x 10 ^{7A}	
SEM		0.102	
P		0.002	
Nar Kabuğu Seviyesi (NKS)			
% 0.5		4.01 x 10 ⁷	
% 1		3.88 x 10 ⁷	
% 1.5		3.75 x 10 ⁷	
% 2		3.88 x 10 ⁷	
SEM		0.99	
P		ÖS	
FS x NKS		ÖS	

a-b: Bir sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. A-B: Farklı harfler her bir parametreye ait ortalamalarının üç farklı fermentasyon süresinde birbirinden farklı ($P<0.05$) olduğunu göstermektedir. A:Arpa PS: Peynir altı suyu NK: Nar kabuğu, ÖS: Önemsiz.

Tek hücre protein kaynağı olan maya kültürü, kanatlı rasyonlarında kullanılan önemli bir probiyotik yem katkı maddesidir. Çok iyi protein ve amino asit kaynağı olan mayalar %75 su ve %25 kuru maddeden oluşmaktadır. Maya kuru maddesinin yaklaşık %45-

55'i ham proteinden ibarettir (27). B grubu vitaminleri ve E vitamini bakımından oldukça zengin olan mayalar, fosfor, potasyum, magnezyum, çinko, krom, selenyum, demir ve manganez de içermektedir (17).

Katı faz fermentasyon çalışmalarında genellikle bakteri kültürleri ile *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* ve *Saccharomyces cerevisia* gibi fungus kültürleri kullanılmaktadır. Fermentasyona bağlı olarak ortamda oluşan mikroorganizmalar fitaz, proteaz, galaktosidaz, amilaz, lipaz ve selüloz gibi enzimler ile sitrik asit, fumarik asit, laktik asit ve oksalik asit gibi organik asitler üretmektedirler (28). Meydana gelen bu enzimler ortamda bulunan substratın çeşidine göre çeşitli besin maddelerinin parçalanmasına katkı sağlayarak yemlerin yararlılık derecesini önemli düzeyde artırmaktadırlar. Ayrıca yemlerde bulunan birçok antibesinsel faktörün miktarında da azalmalara neden olmaktadır. Peynir altı suyu ve meyve posaları gibi endüstri atıklarının maya üretiminde kullanılması, bu tür atıkların geri kazanılması veya gıdaya dönüştürülmesi açısından oldukça önemlidir (29). Bu çalışmada peynir altı suyu ile fermente edilen arpanın maya sayısında önemli düzeyde artış olduğu gözlenmiştir. Yani bu çalışma ile arpaya probiyotik özellik kazandırılmıştır.

Tablo 4. incelendiğinde yemlere nar kabuğu ilavesinin 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) değerini artırdığı gözlemlenmiştir. Tüm yemlerde en yüksek DPPH değeri A+PS+% 1.5 NK ve A+PS+% 2NK gruplarında görülmüştür. Fermentasyon süresinin DPPH üzerine etkisi incelendiğinde, süreye bağlı olarak antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiş olup en yüksek aktivite 48.saatte görülmüştür. Nar kabuk seviyesinin artışına bağlı olarak antioksidan aktivitenin de arttığı tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada fermentasyon öncesi ve sonrası yemlerin DPPH değerleri bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Buna fermentasyon işleminin neden olduğu düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda fermentasyon sonucu yemlerin yapısında bulunan serbest fenolik bileşiklerin oransal

olarak arttığı ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitenin yükseldiği bildirilmiştir (30,31). Mevcut araştırmaya benzer olarak ekmek ununa farklı seviyelerde ilave edilen nar kabuğunun DPPH değerini oransal olarak artırdığı bildirilmiştir (32). Cingöz ve ark. (33), ince ve kalın buğday kepeği örneklerinde yaptıkları analizlerde kepektaki fenolik madde miktarının artışına bağlı olarak antioksidan kapasitesinin de arttığını bildirmişlerdir.

Tablo 4. Fermentasyon öncesi ve sonrası yemlerin antioksidan aktivitesi (%DPPH).

Table 4. Antioxidant activity of feed before and after fermentation (DPPH %).

Yemler	0.saat	24. saat DPPH (%)	48.saat DPPH (%)
A+PS+% 0.5NK	55.67 ^b	58.64 ^b	62.34 ^b
A+PS+% 1NK	57.56 ^b	58.98 ^b	61.99 ^b
A+PS+% 1.5N	60.39 ^a	61.18 ^a	63.76 ^a
A+PS+% 2NK	60.98 ^a	62.87 ^a	65.17 ^a
SEM	1.45	2.09	1.97
P	0.034	0.028	0.011
Fermentasyon Süresi (FS)			
0.saat		58.65c	
24.saat		60.42b	
48.saat		63.32a	
SEM		2.54	
P		0.038	
Nar Kabuğu Seviyesi (NKS)			
% 0.5		58.88b	
% 1		59.51b	
% 1.5		61.78a	
% 2		63.00a	
SEM		2.07	
P		0.043	
FS x NKS		ÖS	

a-b: Bir sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.05). A-B: Farklı harfler her bir parametreye ait ortalamalarının üç farklı fermentasyon süresinde birbirinden farklı (P<0.05) olduğunu göstermektedir. **:P<0.01
A:Arpa PS: Peyniraltı suyu NK: Nar kabuğu, ÖS: Önemsiz.

Cingöz ve ark. (33), ince ve kalın buğday kepeği örneklerinde yaptıkları analizlerde kepektaki fenolik madde miktarının artışına bağlı olarak antioksidan kapasitesinin de arttığını bildirmişlerdir. Rashad ve ark. (18), farklı maya suşları ile fermente ettikleri okora adlı soya yan ürününün antioksidan aktivitesinin fermente olmayana göre oldukça yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bazı

araştırmacılar fermente edilmiş okorada, fermente edilmemiş okaraya göre daha fazla antioksidan bileşenlerinin mevcut olduğunu, bunun da DPPH radikalleri ile hızla reaksiyona girebildiğini ve mevcut tüm hidroksil gruplarına karşılık DPPH radikal moleküllerini azaltabildiğini ileri sürmüşlerdir (34). Moore ve ark. (23), farklı mayalar ile fermente ettikleri buğday kepeğinin antioksidan aktivitesinin önemli düzeyde yükseldiğini rapor etmişlerdir.

Tosun (35), 72 saat süreyle *A. niger* ile fermentasyona tabi tuttuğu elma ve domates posalarında antioksidan seviyesinin önemli derecede arttığını tespit etmiştir. Benzer olarak, Baran (15), bazı bakteriler ile fermentasyona tabi tuttuğu arpa ve yulafın fenolik içeriğinin %70-300 oranında arttığını ve buna bağlı olarak yemlerin antioksidan değerinde %59-92 oranında bir artış olduğunu rapor etmiştir. Moore ve ark. (36) buğday kepeğine maya ilave ederek katı faz fermentasyonu uygulamasının antioksidan değeri önemli ölçüde değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Denemelerden elde edilen sonuçlara göre arpaya nar kabuğu ilave edilerek peyniraltı suyu ile fermentasyona tabi tutulması ile besin madde kompozisyonunun iyileştiği, probiyotik olan maya sayısının arttığı ve antioksidan özellik kazandığı tespit edilmiştir. En yüksek maya sayısı ve antioksidan aktivite fermentasyonun 48.saatinde elde edilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Yaşar S., 1998. Assessment of the nutritional effects of water treatment of feed for poultry, (Doktora tezi), Leeds University. Department of Animal Physiology & Nutrition. School of Biology, UK.
- Yaşar S., Gök MS., 2014. Fattening performance of Japanese Quails (*coturnix coturnix japonica*) fed on diets with high levels of dry fermented wheat, barley and oats grains in whey with citrus pomace. Bull Univ Agric Sci Vet Med. 71, 51-62.
- Zhang W., Xu Z., Sun J., Yang X., 2006. A study on

- the reduction of gossypol levels by mixed culture solid substrate fermentation of cottonseed Meal. *Asian-Australian J Anim Sci.* 19, 1314-1321.
4. Kim YG., Lohakare JD., Yun JH., Heo S., Chae BJ., 2007. Effect of feeding levels of microbial fermented soy protein on the growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned piglets. *Asian-Australian J Anim Sci*, 20, 399-404.
 5. Oduguwa OO., Edema MO., Ayeni AO., 2007. Physicochemical and microbiological analyses of fermented corn cob, rice bran and cowpea husk for use in composite rabbit feed. *Bioresource Tech*, 99, 1816-1820.
 6. Krishna CH., 2005. Solid-state fermentation systems-an overview. *Critical Rev Biotech*, 25, 1-30.
 7. Araya MM., Arrieta JJ., Perez-Correa JR., Biegler LT., Jorquera H., 2007. Fast and reliable calibration of solid substrate fermentation kinetic models using advanced non-linear programming techniques. *Electronic J Biotech*, 10, 1.
 8. Gil MI., Tomas-Barberan FA., Hess-Pierce B., Holcroft DM., Kader AA. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agric Food Chem.* 48, 4581-4589.
 9. Seeram NP., Adams LS., Henning SM., Niu Y., Zhang Y., Nair MG., Heber D., 2005. In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *J Nutrition Biochem*, 16, 360-367.
 10. Güzeler N., Esmek EM., Kalendar M., 2017. Peyniraltı suyu ve peyniraltı suyunun içecek sektöründe değerlendirilme olanakları. *Çukurova Tarım Gıda Bil Derg*, 32, 27-36.
 11. Kutlu HR., 2008. Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri. yem değerlendirme ve analiz yöntemleri. Ç Ü Ziraat Fak Zootečni Bölümü, Ders Notu, Adana.
 12. Blois MS., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200.
 13. Halkman K., 2007. Gıdaların mikrobiyolojik analizi. *Orlab On-Line Mikrobiyol Derg*, 5, 2-6.
 14. Düzgüneş O., Kesici T., Gürbüz F., 1983. Statistical methods I. Ankara Universty, Agriculture Faculty No: 861, p: 229.
 15. Baran B., 2017. Arpa, yulaf ve buğdayın *Lactobacillus salivarius* kullanılarak katı faz fermentasyon ile besin madde bileşiminin zenginleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
 16. Yaşar S., 2014. Etlik civciv ve piliçlerde buğday, arpa ve yulaf dane yemlerinin peynir suyu ve narenciye posası ile fermentasyona uğratılarak besleme değerlerinin artırılmasına yönelik çalışmalar. TÜBİTAK Proje Raporu. Proje Kodu: 1002, Proje No: 113O201
 17. Pamir MH., 1985. Fermentasyon mikrobiyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları no 936, ss 267, Ankara.
 18. Rashad MM., Mahmoud AE., Abdou HM., Nooman MU., 2011. Improvement of nutritional quality and antioxidant activities of yeast fermented soybean curd residue. *Afr J Biotech*, 10, 5504-5513.
 19. Shi C., Zhang Y., Lu Z., Wang Y., 2017. Solid-state fermentation of corn- soybean meal mixed feed with *Bacillus subtilis* and *Enterococcus faecium* for degrading antinutritional factors and enhancing nutritional value. *J Anim Sci Biotech*, 8, 50
 20. Hassaan MS., Soltan MA., Abdel-Moez AM., 2015. Nutritive value of soybean meal after solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Anim Feed SciTech*, 201, 89-98.
 21. Iluyemi FB., Hanafi MM., Radziah O., Kamarudin MS., 2006. Fungal solid state culture of palm kernel cake. *Bioresource Tech*, 97, 477-482.

22. Lateef A., Olok JK., Gueguim Kana EB., Oyeniyi SO., Onifade OR., Oyeleye AO., Oladosu OC., Oyelami AO., 2008. Improving the quality of agro-wastes by solid-state fermentation: Enhanced antioxidant activities and nutritional qualities. *World J Microbial Biotech*, 24, 2369-2374.
23. Moore J., Cheng Z., Hao J., Guo G., Guo-Liu J., Lin C., Yu L., 2007. Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran. *J Agric Food Chem*, 55, 10173-10182.
24. Mathot P., Debevere C., Walhain P., Baudart E., Thewis A., Brakel J., 1992. Composition and nutritive value for rats of *Aspergillus niger* solid fermented barley. *Anim Feed Sci Tech*, 39, 227-237.
25. Shojaosadati S., Faraidouni A., Madadi-Nouei R., Mohamadpour A., 1999. Protein enrichment of lignocellulosic substrates by solid state fermentation using *Neurospora sitophila*. *Res Conservation Rec*, 27, 73-87.
26. Assi JA., King AJ., 2008. Manganese amendment and *Pleurotus ostreatus* treatment to convert tomato pomace for inclusion in poultry feed. *Poultry Sci*, 87, 1889-1896.
27. Tangüler H., Erten H., 2006. Otoliz yolu ile maya ekstraktı üretimi. *Gıda Yem Bil Tek*, 9, 55-62.
28. Pandey A., Soccol CR., Mitchell D., 2000. New developments in solid state fermentation: ı-bioprocesses and products. *Process Biocem*, 35, 1153-1169.
29. Ukaegbu-Obi KM., 2016. Single cell protein: a resort to global protein challenge and waste management. *J Microbiol Microbial Tech*, 1, 5.
30. Martins S., Mussatto SI., Martinez-Avila G., Montanez-Saenz J., Aguilar CN., Teixeira JA., 2011. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation: A review. *Biotech Adv*, 29, 365-373.
31. Tapati BD., Kuhad RC., 2014. Enhanced production and extraction of phenolic compounds from wheat by solid-state fermentation with *Rhizopus oryzae* RCK2012. *Biotech Reports*, 4, 120-127.
32. Yılmaz M., 2011. Türkiye’de yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ve fenolik asit dağılımlarının belirlenmesi ve ekmeğin nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara.
33. Cingöz A., Akpınar Ö., Sayaslan A., 2017. Farklı kepek fraksiyonlarının fonksiyonel özellikleri ve hamur reolojik özelliklerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniv Ziraat Fak Derg*, 34, 128-138.
34. Brand-Williams W., Cavalier ME., Berset C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 28, 25-30.
35. Tosun R., 2017. Fungal mikroorganizmalar ile katı-faz fermentasyonuna tabi tutulan elma ve domates posasının besin madde bileşiminin kanatlı hayvanlar için yararlı hale getirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
36. Moore J., Cheng Z., Hao J., Guo G., 2019. Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran. *J Agric Food Chem*, 55, 10173-10182.