

Balık silajı üretimi için basit bir yöntem: İnokulum olarak yoğurt kullanımı

A simple method for fish silage production: Using yoghurt as inoculum

Ali Serhat Özkütük¹ • Gülsün Özyurt^{2*}

¹ Çukurova Üniversitesi Yumurtalık Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Bölümü, 01680, Yumurtalık, Adana, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0001-7464-3015>

² Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0003-1073-115X>

*Corresponding author: beklevik@cu.edu.tr

Received date: 01.07.2021

Accepted date: 18.02.2022

How to cite this paper:

Özkütük, A.S., & Özyurt, G. (2022). Balık silajı üretimi için basit bir yöntem: İnokulum olarak yoğurt kullanımı. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 253-260. DOI:10.12714/egejfas.39.3.11

Öz: Su ürünleri atıklarının değerlendirilmesi hem çevre kirliliğinin önlenmesi hem de bu atıklara ekonomik olarak değer kazandırılması açısından önemli bir konudur. Balık atıklarının değerli bir yem kaynağına ve bitki gübresine dönüşümünü sağlayabilecek en pratik yöntem silaj yapımıdır. Bu çalışmada, laktik asit bakteri kültürü (*Streptococcus thermophilus*), asitleştirici kimyasallar (formik asit) ve fermente bir gıda olan yoğurdun direkt ilavesi ile hazırlanan balık silajlarının olgunlaşma süreleri ve besin bileşenleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada balık silajı üretiminde sardalya balığı (*Sardina pilchardus*) atıkları (baş, deri, kılçık, iç organları vs) kullanılmıştır. Tüm balık silajlarının maksimum 10 gün içerisinde olgunlaşma evresini tamamladıkları gözlemlenmiştir. Asit, bakteri ve yoğurt ile hazırlanan grupların nem, kül, protein ve yağ içerikleri sırasıyla % 63-66; % 5,6-5,7; % 11,3-11,8 ve % 12,18-13,65 aralığında olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda direkt saf bakteri kültürü ilavesi veya asit ilavesi ile yapılan silajlara alternatif olarak yoğurt ilavesi ile yapılan balık silajlarının hem olgunlaşma süresi hem de besin madde bileşenleri açısından beklentileri karşıladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Balık atıkları, balık silajı, fermentasyon, yoğurt, *Streptococcus thermophilus*

Abstract: The evaluation of seafood processing wastes is an important issue in terms of both preventing environmental pollution and adding value to these wastes economically. The most practical method that can convert seafood processing waste into a valuable feed source and plant fertilizer is to make silage. In this study, the ripening times and nutritional components of fish silages prepared with direct addition of lactic acid bacteria culture (*Streptococcus thermophilus*), acidifying chemicals (formic acid) and yogurt, which is a fermented food, were compared. In the research, sardine fish (*Sardina pilchardus*) wastes (head, skin, bones, internal organs, etc.) were used in fish silage production. It was observed that all fish silages completed the ripening phase within a maximum of 10 days. It was determined that the moisture, ash, protein and lipid contents of the groups prepared with acid, bacteria and yoghurt ranged between 63-66%, 5.6-5.7%, 11.3-11.8% and 12.18-13.65%, respectively. As a result of the research, it was observed that fish silages made with the addition of yoghurt as an alternative to silages made with direct addition of pure bacterial culture or acid addition met the expectations in terms of both ripening time and nutrient components.

Keywords: Fish waste, fish silage, fermentation, yoghurt, *Streptococcus thermophilus*

GİRİŞ

Mesleki balıkçılık faaliyetlerindeki ıskarta türler ve su ürünleri işleme atıklarının ekonomik olarak değerlendirilebilmesi, balıkçılık sektöründe çözülmeye çalışılan önemli bir sorun olarak görülmektedir. Bu durum, ekonomik bir sorun olmanın ötesinde önemli bir çevre problemi olarak da değerlendirilmektedir. Bu atıklar un haline getirilerek değerlendirilebilir ancak bu yöntem ekonomik olarak önemli bir alt yapı gerektirmektedir. Bu durum, büyük miktarlarda oluşan balık atıklarının kontrollü fermentasyon gibi ucuz alternatif biyoteknolojik araçlarla değerlendirilmesi üzerine araştırmaların artmasına yol açmıştır. Bu biyoteknolojik yöntem ile büyük ekipmanlara ihtiyaç duymadan asitleştirici mikroorganizma ve karbon kaynağı kullanılarak, mikrobiyal açıdan güvenli son ürünler elde edilebilmektedir. Laktik asit fermentasyonunu temel alan yöntemler, su ürünlerinden biyomoleküllerin geri kazanımını da sağlayan, çevre dostu yöntemler olarak bilinmektedir (Rai vd., 2012).

Laktik asit bakterileri, çeşitli tatlı su ve deniz balıklarında veya balıkların iç organlarında bulunur. Laktik asit bakterileri fermentasyon gibi gıda koruma tekniklerinde en yaygın olarak kullanılan mikroorganizmalardır. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit, fermente ürünlerde asidik koşullar sağladığı ve gıdalarda bozulma ve zehirlenme etmeni olan bakteriler üzerine öldürücü etkiye yol açtığı için gıda korumada kullanışlı bir bileşik olmaktadır (Özyurt vd., 2016). Ülkemizde su ürünlerinden silaj yapımı yaygın olmamakla beraber genellikle asit yöntem ile yapılmakta, laktik asit bakterilerince silaj kurulması ile ilgili genel bir bilgiye rastlanmamaktadır (Özyurt, 2016). Ancak balık silajları, düşük maliyetle elde edilebilir ve hayvan beslemede kullanımı yüksek bir potansiyele sahiptir (Vidotti vd., 2003; Goddard ve Perret, 2005). Bununla birlikte bitki tarımında yaygın bir şekilde kullanılabildiği ve bunların ticari gübrelere benzer verimlilikte oldukları bilinmektedir (Wyatt ve McGourty, 1990).

Balık silajı tüm balık veya parçalarının asit, enzim veya laktik asit üreten bakterilerin ilavesi ve balığın sindirim sisteminde bulunan enzimlerin yardımları sonucu oluşan sıvı kıvamlı bir üründür (Özyurt, 2016). Geleneksel yöntemlerle balık silajı hazırlanmasında organik veya inorganik asitler kullanılır. Bununla birlikte son yıllarda yapılan çalışmalarda laktik asit bakterileri ile hazırlanan fermentatif ürünlerin vücuda yararlı peptidlerin üretimini sağladığı, lezzeti geliştirdiği, protein ve vitamin varlığını arttırdığı ve çevre dostu olduğu yönünde yapılan bildirimler dikkat çekicidir (Kuley vd., 2020). Laktik asit bakterilerinin birçok fermente üründe dominant mikroorganizma olduğu bildirilmiştir (Ostergaard vd., 1998; Shirai vd., 2001; Llanes vd., 2011; Vidotti vd., 2011). Bu mikroorganizmalar organik asit, diasetil, hidrojen peroksit ve bakteriyosin gibi çeşitli bileşikler üretmektedir (Özyurt vd., 2020). Bu bileşikler gıdanın tadı ve tekstüründe istenilen etkisinin yanı sıra, gıdada mevcut diğer istenmeyen mikroorganizmaların inhibisyonunda önemli etkilere sahiptirler (Jini vd., 2011). Kıyılmış balık veya balık atıklarına tahıl ürünleri ve laktik asit bakterilerinin ilavesi ile hazırlanan silajlarda, fermentasyon oluşumu sonucunda pH 4.5'in altına düşmekte ve sonuç olarak düşük pH'dan dolayı balıkta bozulma etmeni ve patojen bakterilerin gelişimi elimine edilmektedir (Özyurt vd., 2017; Özyurt vd., 2018a). Depolama süresince azot bileşiklerinin yıkımı gerçekleşmekte ve uçucu bazik azot bileşikleri, aminoasit ve peptitlerde artışlar gözlenmektedir (Espe ve Lied, 1999). Proteolitik aktivite başlıca doku proteazından (katepsin) ve kısmen mide-bağırsak proteazından kaynaklanmaktadır (Shahidi vd., 2019). Fermente balık silajı yapımında laktik asit kültürlerinin seçimi büyük bir önem arz etmektedir. Pratik şartlarda saf laktik asit bakteri kültürünü edinip bu işlemi yapmak kolay ulaşılabılır değildir. Bu nedenle iyi bir laktik asit bakterisi kaynağı olan yoğurt bu amaçla kullanılabilir.

Ülkemizde ve birçok ülkede yaygın olarak kullanılan yoğurt, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* gibi laktik asit bakterilerinin sütte bulunan laktozu fermente etmesiyle oluşan bir süt ürünüdür. İçerdiği besin maddeleri açısından ideal bir gıda maddesi olan yoğurt biyolojik değeri yüksek ve hazmı kolay bir gıda maddesidir. Kolesterolü düşürücü, immün sistemi uyarıcı ve kanser oluşumunu önleyici özellikleri de öne sürülen yoğurt yüzyıllardan beri sevilerek tüketilmekte ve sofralarımızda yer almaktadır. Llanes ve Toledo (2011) Atlantik somonu (*Salmo salar*, Linnaeus, 1758) beslemede su ürünleri işleme atıklarının (kafa, yüzgeç, deri ve iç organlar) %2 sülfirik asit, %1 formik asit karışımıyla asit silajı eldesine karşın, %3 yoğurt ile hazırlanan fermente silajlarının besin madde bileşenleri ve sindirilebilirliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar hazırlanan silajların kimyasal kompozisyonlarının ham materyalden farklılıklar gösterdiğini, ancak bunların besinsel değerlendirmelerinde önemli bir farklılık gözlenmediğini, bu nedenle her iki silaj tipinin Atlantik somonu için hazırlanan rasyonların formülasyonunda alternatif bir protein kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Bu konuda elde edilen bilgiler, küçük işletme ölçeğinde ve ev şartlarında bulunan biyolojik atıkların

yararlı hale getirilerek geri dönüşümlerinin sağlanabilmesi ve böylece elde edilen ürünlerin hayvan ve bitkiler için yararlı bir gıda kaynağına dönüştürülebilmesi için önemlidir. Bu amaçla bu araştırmada, su ürünleri atıklarından silaj üretiminde direkt laktik asit bakteri kültürü ilavesi, asitlendirici kimyasal madde ilavesi ve bunların yerine fermente bir gıda olan ve kolay ulaşılabilen yoğurt ilavesi ile balık silajlarının hazırlanması hedeflenmiş ve hazırlanan silajlar olgunlaşma süreleri ve besin madde bileşenleri yönünden değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada deneme materyali olarak kullanılan sardalya balığı (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) bölgedeki (İskenderun Körfezi, Kuzeydoğu Akdeniz) balıkçılardan temin edilmiştir. *Streptococcus thermophilus* Çukurova Üniversite'sinin bakteri kültür stokundan temin edilmiştir. Silaj hazırlanmasında sardalya balıklarının baş, deri, kılçık ve iç organları kullanılmış ve bunlar bir kıyım makinesi (3 mm çaplı delik plakalı) yardımıyla kıyılarak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra bu karışım her biri 3 kg olacak şekilde üç eşit parçaya bölünmüştür.

Birinci bölüme asit silaj yapmak için asit (%3 formik asit), ikinci bölüme fermente silaj yapmak için *Streptococcus thermophilus* (%3) ve üçüncü bölüme ev yapımı fermente yoğurt (%5) ilave edilmiştir. Bakteri silajların fermentasyonda kullanabilmeleri için %15 oranında bir karbonhidrat kaynağı (melas) ilave edilmiştir (Özyurt vd., 2016). Hazırlanan silajlar 500 ml'lik plastik kovalarda ağızları hava almayacak şekilde muhafaza edilerek olgunlaşmaya kadar her gün karıştırılmış ve pH değerleri ölçülmüştür. pH ölçümleri dijital bir pH metre (WTW 315i, Germany) ile belirlenmiştir. Tüm gruplar 28 °C'ye ayarlanmış oda sıcaklığında bekletilmiştir. Deneme grupları her bir muamele için en az üç paralel olacak şekilde kurulmuştur.

Hazırlanan balık silajları olgunlaştıktan sonra genel besin madde bileşenlerini belirleyebilmek amacıyla protein, yağ, nem ve ham kül değerleri belirlenmiştir. Silaj örneklerinin kuru madde ve ham kül tayini için yaklaşık 3,5 - 4 g tartım yapılmış ve darası alınmış porselen kaplara konmuştur. Porselen kaplardaki örnekler kurutma dolabında 103°C'de 4 - 5 saat süreyle (sabit bir ağırlığa kadar) kurutulmuştur (AOAC, 1990). Bu işlem her bir muamele gurubuna ait örneklerden en az 6 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Ham kül tayini AOAC (935.47, 1998) metoduna göre yapılmıştır. Örnekler, yakma fırınına yerleştirilerek 550°C'de, 5 saat süreyle (sabit bir ağırlığa ve açık gri bir renk oluşumuna kadar) yakılmıştır.

Kjeldahl metoduna (AOAC 981.10, 1998) göre yapılan toplam ham protein oranı yaş yakma, distilasyon ve titrasyon aşamaları takip edilerek en az üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kjeldahl tüpleri içerisindeki 1 g homojenize edilmiş örnek üzerine, 2 adet kjeldahl tablet (Merck, TP826558) ve 20 ml H₂SO₄ eklenerek yakma ünitesinde örnekler yeşil-sarı renk alana kadar 2-3 saat yakılmıştır. %40'lık NaOH ile distilasyon işlemi sonrasında 0,1 M HCl ile renk değişimi olana kadar titre edilmiş ve sarf edilen HCl miktarı belirlenerek protein

miktarı hesaplanmıştır. Lipit analizi [Bligh ve Dyer \(1959\)](#) metoduna göre yapılmıştır. Silaj örneklerinden yaklaşık 3 g alınarak, 1:2 oranında metanol kloroform karışımı eklenmiştir. Örneklerin alkol ile homojenizasyonunda Ultra-turaks (T25 basic IKA-WERKE), yağ ekstraksiyonu ise bir rotary evaporatör (Herdolph WB 2000, Germany) kullanılarak sağlanmıştır.

Elde edilen veriler tek yönlü varyans analizine (one-way ANOVA) tabi tutulmuştur. Çoklu karşılaştırma testi olarak da Duncan multiple testi kullanılmıştır. Önem seviyesi $p < 0,05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Asit, bakteri ve yoğurt ile sardalya balığı atıklarından hazırlanan balık silajlarının pH değişimleri aşağıda görülmektedir ([Tablo 1](#)). Başlangıçta 6.87 olan pH değeri asit ilave edilen grupta hızlıca düşerek denemenin ilk haftasından sonra pH 4 seviyelerine gelmiştir. Bakteri ilave edilen grupta ise bu düşüş biraz daha yavaş seyretmiş ve denemenin ilk haftasından sonra pH 4,5 seviyelerine gelmiştir. pH düşüşü yoğurt ilave edilen grupta daha yavaş ilerlediği görülse de, saf bakteri kültürünün eklediği "bakteri" grubuna benzer bir seyir izlemiş ve denemenin 10. gününden sonra pH 4,5 seviyesinin altına inmiştir. Dolayısı ile tüm silaj grupları maksimum on gün içerisinde olgunlaşma evresini tamamlamışlardır. Bu dönemde

yapılan gözlemlere göre başlangıçta katı parçalar (pul, kılıç vb.) içeren balık atığının gün geçtikçe asit ve bakterilerin etkisiyle daha akışkan, homojen kıvamlı bir ürüne dönüştüğü gözlemlenmiştir ([Şekil 1](#)). Bununla birlikte 28°C sıcaklıkta saklanan tüm gruplarda [Güllü vd. \(2015\)](#) belirttiği gibi kokunun rahatsız etmeyen kabul edilebilir hoş malt kokuda olduğu belirlenmiştir. Silaj depolama süresince yumuşamakta ve silajda malt kokusu gelişmektedir ([FAO, 1995](#)). Bu durum bize balık atığı içerisinde bozucu bakterilerin gelişemediği, ortam şartları kendi lehine olan laktik asit bakterilerinin geliştiğini göstermektedir. Laktik asit bakterileri gelişip çoğaldıkça ortamda laktik asit birikimi olmuş ve pH değerleri düşmüştür. Balık veya atıkları yalnızca küçük miktarlarda şeker (glikojen) içermektedirler. Fermantasyonun gerçekleşebilmesi yani laktik asit bakterilerinin gelişmeleri için ortamda şeker gibi bir enerji kaynağının olması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada, bu nedenle bakteri silaj gruplarına melas ilavesi yapılmıştır. Şeker kaynağının varlığında bakteri gruplarının pH değerini başarılı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Bakteri silajlardaki pH düşüşü şekerin açık bir şekilde kullanıldığını, pH'nın düşmesini sağlayan organik asitlerin üretildiğini ve bozucu mikroorganizmaların gelişmelerinin önlendiğini göstermiştir ([Özyurt vd., 2016](#)).

Tablo 1. Asit, bakteri ve yoğurt ile hazırlanan balık silajlarının pH değişimi
Table 1. pH change of fish silages prepared with acid, bacteria and yoghurt

Günler	Asit	Bakteri	Yoğurt
0	6,87±0,00	6,87±0,00	6,87±0,00
1	4,02±0,01 ^a	6,58±0,00 ^c	6,43±0,01 ^b
2	4,19±0,02 ^a	5,25±0,01 ^b	5,28±0,05 ^b
3	4,20±0,01 ^a	5,02±0,01 ^b	5,12±0,03 ^c
4	4,40±0,02 ^a	4,97±0,01 ^b	5,12±0,01 ^c
5	4,13±0,02 ^a	4,71±0,02 ^b	4,80±0,00 ^c
6	4,06±0,05 ^a	4,51±0,08 ^b	4,64±0,07 ^b
7	4,10±0,03 ^a	4,43±0,06 ^b	4,61±0,01 ^c
8	4,05±0,02 ^a	4,38±0,07 ^b	4,55±0,00 ^c
9	4,08±0,00 ^a	4,30±0,04 ^b	4,54±0,01 ^c
10	4,07±0,02 ^a	4,28±0,05 ^b	4,50±0,01 ^c
11	4,00±0,01 ^a	4,23±0,05 ^b	4,43±0,03 ^c
12	4,07±0,02 ^a	4,29±0,04 ^b	4,46±0,04 ^c
13	4,08±0,02 ^a	4,26±0,04 ^b	4,45±0,07 ^c
14	3,90±0,00 ^a	4,20±0,07 ^b	4,31±0,00 ^c
15	3,86±0,06 ^a	4,16±0,04 ^b	4,30±0,01 ^c
16	3,86±0,04 ^a	4,13±0,00 ^b	4,27±0,00 ^c
17	3,86±0,02 ^a	4,15±0,00 ^b	4,28±0,01 ^c
18	3,87±0,01 ^a	4,17±0,02 ^b	4,31±0,04 ^c
19	3,85±0,04 ^a	4,16±0,01 ^b	4,24±0,05 ^b

Aynı satırda yer alan farklı harfler (a-c) istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($P < 0,05$)
Ortalama değer ±standart sapma, n=3



Şekil 1. Olgunlaşma öncesi ve olgunlaşma sonrasında balık silajından örnek görüntü

Figure 1. Sample image of fish silage before and after ripening

Araştırmada olgunlaşmış balık silajlarının nem, ham kül, protein ve yağ oranlarının belirlenmesiyle hem hayvan yemi hem de bitki gübresi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Asit, bakteri ve yoğurt ile hazırlanan grupların nem içeriği sırasıyla % 66,93; % 63,18 ve % 64,48 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Elde edilen bu verilere göre incelenen üç grup içerisinde en yüksek nem içeriğinin formik asit ile hazırlanan grupta olduğu

görülmüştür ($P < 0.05$). Benzer şekilde, Palkar vd. (2017) balık marketlerinden topladıkları balık atıklarından silaj üretimi üzerine yaptıkları araştırmada %3,5 formik asit ilavesi ile hazırladıkları silajlarda nem içeriğini %75,32 olarak bulurken, fermantasyon kaynağı olarak lor peyniri kullandıkları biyolojik silajlarda nem içeriğini %73,62 bulmuşlardır.

Tablo 2. Araştırma gruplarının besin madde bileşenleri (%)

Table 2. Proximate compositions of the research groups (%)

	Nem	Ham Kül	Protein	Yağ
Asit	66,93±0,41 ^a	5,64±0,47 ^a	11,83±0,44 ^a	12,18±0,27 ^a
Bakteri	63,98±0,38 ^b	5,75±0,05 ^a	11,63±0,48 ^a	13,65±0,25 ^b
Yoğurt	63,81±0,61 ^b	5,68±0,17 ^a	11,30±0,41 ^a	13,21±0,43 ^b

Aynı sütunda yer alan farklı harfler (a-b) istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($P < 0,05$)
Ortalama değer ±standart sapma, n=3

Araştırma gruplarının ham kül içerikleri asit gurubunda % 5,64, bakteri gurubunda % 5,75 ve yoğurt gurubunda % 5,68 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Elde edilen bu verilere göre incelenen üç grubun ham kül değerlerinin benzer oranlarda olduğu gözlenmiştir. Ham kül bir gıda maddesi içerisindeki toplam inorganik maddeyi ifade etmektedir. Balık silajlarında belirlenen bu ham kül değerlerinin balık atıkları içerisinde bulunan kafa, pul, kılçık ve benzeri kısımlardan kaynaklanmaktadır. Elde edilen bu verilerin tüm bir balık için yapılan ham kül analizlerinde elde edilen verilere benzer olduğu görülmektedir.

Beyaz balıktan yapılan silajlar yapıldıkları balığa benzer olarak ortalama %75-80 su, %10-18 protein, %4-5 kül ve %0,5-2 yağ içermektedir. Yağ içeriği yüksek türlerden elde edilen silajlarda ise genel olarak nem içeriği %62-75, % 4-7, %13-16

ve yağ %5-20 olduğu belirtilmektedir (Özyurt, 2016). Benzer şekilde bu araştırmada da elde edilen protein ve yağ değerlerinin bu sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Sardalya atıklarından hazırlanan silajların protein oranları asit grupta %11,83 bakteri grupta % 11,63 ve yoğurt grubunda %11,30 olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ($P < 0.05$). Benzer şekilde Özyurt vd. (2016) %3 *Streptococcus thermophilus* ve %3 formik asit ile hazırladıkları balık silajlarında (*Equulites klunzingeri*, Steindachner, 1898) protein içeriklerini sırasıyla %15,6 ve %16,4 olduğunu ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Yağ içeriklerine bakıldığında, asit grubun yağ içeriğinin %12,18, bakteri grubunun yağ içeriğinin %13,65 ve yoğurt grubunun yağ içeriğinin %13,21 olduğu bulunmuştur.

Fermentasyon için saf bakteri kültürü ve yoğurt kullanılan grupların yağ içeriğinin asit ile hazırlanan balık silajı yağ içeriğine göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Fermente silajların lipid içeriğinin, asidik silajdan daha yüksek olmasının nedeni, muhtemelen fermentasyon sırasında kompleks lipidlerin alkolde daha çözünür olan bileşiklere parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Russell vd., 1993). Birçok araştırmacı balık silajlarından yağın geri kazanımının hem silaj raf ömrünü uzatacağını hem de elde edilen yağların hem insan hem de hayvan beslenmesinde değerlendirilebileceğini belirtmiş ve

bunun üzerine araştırmalar yapmışlardır (Goosen vd., 2014; Özyurt vd., 2018b; Özyurt vd., 2019). Özyurt vd. (2018b) özellikle laktik asit bakteri suşları ile üretilen silajdan balık yağının geri kazanılmasının, su ürünleri işleme atıklarının değerlendirilmesi ve katma değerli ürün elde edilmesi için umut verici bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre hayvan yemi ve insan diyetleri için bir gıda katkı maddesi ve tamamlayıcı olarak kullanmak için büyük bir potansiyele sahip olan balık silajı yağlarının üretiminde, yağ içeriği oranlarına da bakıldığında fermente silajların tercih edilmesinin daha uygun olacağı görülmektedir.

Tablo 3. Besin madde bileşenleri bildirilen bazı asit ve fermente balık silajları

Table 3. Proximate compositions of some acidic and fermented fish silages

Silaj ham maddesi	Silaj türü	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kaynak
Iskarta balık (Kısa gövdeli uskumru, <i>Rostreliger brachysoma</i>)	Asit silaj (formik asit)	72,36	3,50	7,66	5,32	Hasan, B. (2003)
	Fermente silaj (<i>L. pentosus</i>)	69,12	3,92	14,39	3,97	
	Fermente silaj (<i>L. plantarum</i>)	68,92	3,83	13,89	4,06	
Iskarta balık (Eksi balığı, <i>Equulites klunzingeri</i>)	Asit silaj (formik asit)	76,9	5,2	16,4	2,1	Özyurt vd. (2016)
	Asit silaj (Formik asit ve sülfirik asit)	74,2	6,3	15,8	2,0	
	Fermente silaj (<i>L. plantarum</i>)	76,2	5,5	14,1	1,9	
	Fermente silaj (<i>Streptococcus thermophiles</i>)	75,00	5,5	15,6	2,0	
	Formik asit	74,3	5,52	15,27	7,45	
Iskarta balık, fileto atıkları ve iç organları (<i>Luftjanus spp.</i> , <i>Haemulon plumieri</i> , <i>Epinephelus spp.</i>)	Formik asit	74,3	5,52	15,27	7,45	Gallardo vd. (2012)
Balık işleme atıkları (kafa, iç organlar, deri vs, <i>Bagre panamensis</i> , <i>Peprilus snyderi</i> , <i>Sphyræna ensis</i> , <i>Trachynotus ovatus</i> , <i>Argyrosomus regius</i> , <i>Diplodus vulgaris</i>)	Fermente silaj (<i>Lactobacillus sp. B2</i>)	65,5	6,21	13,77	4,97	Ramirez vd. (2013)
Tatlısu balığı temizleme atıkları (kafa, iç organlar, yüzgeç vs)	Asit silaj (Formik ve hidroklorik asit)	74,5	1,13	9,74	9,99	Tanuja vd. (2014)
Tilapia işleme atıkları (<i>Oreochromis spp.</i> , kafa, iç organlar, pullar, kemik, deri vs)	Asit silaj (formik asit)	80	3,6	9,7	7,6	Madage vd. (2015)
Balık işleme atıkları (<i>Otholithus sp.</i> , kafa, iç organlar, yüzgeç vs)	Fermente silaj (<i>L. plantarum</i>)	71,73	7,67	12,51	5,24	Pagarkar vd. (2006)
	Asit silaj (sülfirik asit)	68,04	8,26	15,82	5,47	
	Asit silaj (organik asit karışımı, formik ve propiyonik asit)	67,18	8,50	15,54	5,99	
	Fermente silaj (<i>L. plantarum</i>)	58,4	2,1	13,2	12,0	
	Asit silaj (formik asit)	63,5	2,8	13,3	14,3	
Tüm sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>)	Asit silaj (formik ve propiyonik asit)	80,83	3,3	15,30	5,78	Davies vd. (2020)
Balık işleme atıkları (belirtilmemiş)	Asit silaj (formik ve propiyonik asit)	80,83	3,3	15,30	5,78	Raj vd. (2018)
Tuna iç organları (<i>K. pelamis</i> , bağırsaklar, mide, karaciğer, pankreas, yüzme kesesi, gonadlar vs)	Asit silaj (Asetik asit)	77,3	2,76	15,18	2,54	Banze vd. (2017)
Alabalık iç organları (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Asit silaj (Laktik asit)	68,48	1,72	12,61	19,18	Raeesi vd. (2021)
	Asit silaj (Formik asit ve propiyonik asit)	69,37	1,90	12,79	19,53	
	Fermente silaj (<i>L. plantarum</i>)	59,33	2,10	9,40	29,94	

Tablo 3'de asit ve fermente yöntemlerle hazırlanmış bazı balık silajlarında belirlenen nem, kuru madde, protein ve yağ içerikleri görülmektedir. Bu araştırmalarda %59-80 oranlarında

nem, %1,9-8,5 oranlarında kuru madde, %7,6-16,4 protein ve %1,9-29,9 oranlarında yağ içeriği belirtilmiştir. Elbette çalışılan bu balık silajlarının besin madde bileşenlerindeki farklılıklar

yapıldıkları ham balık materyaline ve kullandıkları vücut bölgelerine göre farklılıkları yansıtmış durumdadır. Yapılan bu araştırmada da incelenen asit, bakteri ve yoğurt ilavesi ile hazırlanan balık silajlarının diğer araştırmacıların belirttikleri değer aralığında olduğu görülmekle birlikte, özellikle yoğurt ilavesi ile yapılan balık silajlarının hem olgunlaşma süresi hem de besin madde bileşenleri açısından beklentileri karşıladığı görülmüştür. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde elde edilen üç balık silajı grubunun da yüksek protein ve yağ içeriği ile değerli bir besin kaynağı olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Balık, besleyici bir gıda olarak her zaman önemli sayılmış, genel diyet önerileri ve hayvan rasyonları içerisinde yerini daima korumuştur. Bu durum, esas olarak yüksek protein içeriklerinin yanında, omega-3 serisi yağ asitleri olarak bilinen çoklu doymamış yağ asitlerinin ana kaynağı olmalarından ileri gelmiştir. Su ürünleri işleme sanayi atıklarının değerlendirilmesi hem çevre kirliliğinin önlenmesi hem de bu atıklara ekonomik olarak değer kazandırılması açısından önemli bir konudur. Güllü vd. (2015) balık atıklarından ürettikleri silajların maliyetinin 0,72 TL/kg olduğu ve bu silajların yemde balık unu yerine kullanımının %21 oranında yem maliyetini azaltabileceğini belirtmiştir. Üretilen silajların, düşük maliyetle elde edilebilme ve hayvan beslemede kullanılabilme potansiyeline sahiptir olduğu açıktır. Bununla birlikte ticari gübrelere alternatif veya destek olacak şekilde bitki tarımında kullanılabilirlikleri bilinmektedir (Karim vd., 2015; FAO, 1995). Balık silajlarında diğer su ürünlerinde olduğu gibi kimyasal, duyuşsal, fiziksel ve özellikle mikrobiyolojik değerlendirmelerin yapılması önemlidir. Yapılan birçok çalışmada asit veya fermente hazırlanan silajlarda bakteri yüklerinin silajların olgunlaşmasıyla birlikte önemli ölçüde azaldığı kaydedilmiştir (Zahar vd., 2002; Delgado vd., 2008; Ramasubburayan vd., 2013; Tanuja vd., 2014). Benzer şekilde Özyurt vd. (2020) ve Kuley vd. (2020) ıskarta ve su ürünleri işleme sanayi atıklarından hazırladıkları silajlarda toplam bakteri sayısı azalırken, toplam laktik asit bakteri sayısında önemli artışlar olduğu, maya ve küfe rastlanmadığı ve depolama sürecinde koliform bakterilere rastlanmadığını rapor etmiştir. Fermente ürünlerde fermentasyon işlemi sonunda

koliform gibi indikatör mikroorganizmaların eliminasyonu asidifikasyon ve/veya laktik asit bakterileri tarafından üretilen bazı inhibitör bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Ndaw vd., 2008). Bu nedenle, özellikle, küçük ölçekli üretici için dikkat edilmesi gereken en önemli parametre pH değerinin takip edilmesidir. Balık silajları, depolamada eğer asitliğine dikkat edilirse aylar veya bir kaç yıl boyunca bozulmadan saklanabilmektedir (Larsen, 2015; FAO, 1995). Yapılan bu çalışma ile de birlikte, küçük işletme ölçeğinde ve ev şartlarında bulunan bu biyolojik atıkların bitki ve hayvanlar için çok yararlı bir besin kaynağına başarılı bir şekilde dönüştürülebileceği saptanmıştır.

TEŞEKKÜR VE MADDİ DESTEK

Bu araştırmaya mevcut altyapısıyla destek sağlayan Çukurova Üniversitesine teşekkür ederiz.

YAZARLIK KATKISI

Tüm yazarlar yapılan bu çalışmanın fikrine ve tasarımına katkıda bulunmuştur. Materyal hazırlama ve araştırma, yazma-orijinal taslak hazırlama, Ali Serhat ÖZKÜTÜK tarafından gerçekleştirilmiştir. Kavramsallaştırma, metodoloji, makalenin yazılması, gözden geçirilmesi ve düzenlenmesi, Gülsün ÖZYURT tarafından yapılmıştır ve tüm yazarlar makaleyi okumuş ve onaylamıştır.

ÇIKAR/REKABET ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, araştırmalarını (makale) etkileyebilecek bilinen herhangi bir mali veya kişisel çatışma olmadığını beyan etmektedir.

ETİK ONAY

Bu makalede, insan ve hayvan ile ilgili etik kurul onayına gerek olan bir çalışma içermemektedir.

VERİ KULLANILABİLİRLİĞİ

Mevcut çalışma sırasında oluşturulan ve/veya analiz edilen veri setleri, editör veya hakemlerin talebi üzerine ilgili yazar tarafından sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- AOAC (1990). Official methods of analysis. In *Association of official analytical chemists*, 15th Edition, Arlington, VA, USA.
- AOAC (1998). Official methods of analysis. In D.L. Soderberg, P. Cunniff (Eds.), *Association of official analytical chemists*, 16th Edition, Gaithersburg, MD, USA
- Banze, J.F., Silva, M.D., Enke, D.B.S., & Fracalossi, D.M. (2017). Acid silage of tuna viscera: production, composition, quality and digestibility. *Boletim do Instituto de Pesca*, 44, 24-34. DOI:10.20950/1678-2305.2017.24.34
- Bligh, E.C., & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917. DOI:10.1139/o59-099
- Davies, S.J, Guroy, D., Hassaan, M.S., El-Ajnaf, S.M., & El-Haroun, E. (2020). Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*) production. *Aquaculture*, 521, 735087. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.735087
- Delgado, H., Avila, E., & Sotelo, A. (2008). Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, 141(1-2), 129-140. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2007.05.023
- Espe M., & Lied E. (1999). Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials: chemical changes during storage at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79, 327-332.
- FAO, (1995). Better feed for animals: more food for people. Fish silage for feeding livestock. <http://www.fao.org/docrep/v4440t/v4440t0d.htm>
- Gallardo, P., Gaxiola, G., Soberano, S., Taboada, J.G., Pérez, M., Rosas, C., & Sotelo, A. (2012). Nutritive value of diets containing fish silage for

- juvenile *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2320-2325. DOI:10.1002/jsfa.5632
- Goddard, J.S., & Perret, J.S.M. (2005). Co-drying fish silage for use in aquafeeds. *Animal Feed Science and Technology*, 118(3), 337-342. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2004.11.004
- Goosen, N.J., de Wet, L.F., Gorgens, J.F., Jacobs, K., & de Bruyn, A. (2014). Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 74-84. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.019
- Güllü, K., Güzel, S., & Tezel, R. (2015). Producing silage from the industrial waste of fisheries. *Ekoloji* 24 (95), 40-48. DOI:10.5053/ekoloji.2015.03
- Hasan, B. (2003). Fermentation of fish silage using *Lactobacillus pentosus*. *Journal Nature Indonesia*, 6(1), 11-15.
- Jini, R., Swapna, H.C., Amit, K.R., Vrinda, R., Halami, P.M., Sachindra, N.M., & Bhaskar, N. (2011). Isolation and characterization potential lactic acid bacteria (LAB) from freshwater fish processing wastes for application in fermentative utilization of fish processing waste. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42, 1516-1525.
- Karim, N.U., Lee, M.F.M.A., & Arshad, A.M. (2015). The effectiveness of fish silage as organic fertilizer on post-harvest quality of pak choy (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*). *European International Journal of Science and Technology*, 4(5), 163-174.
- Kuley, E., Özyurt, G., Özogul, I., Boga, M., Akyol, I., Rocha, J. M., & Özogul, F. (2020). The role of selected lactic acid bacteria on organic acid accumulation during wet and spray-dried fish-based silages. Contributions to the winning combination of microbial food safety and environmental sustainability. *Microorganisms*, 8(2), 172. DOI:10.3390/microorganisms8020172
- Larsen, J.H. 2015. Fish silage technology, *INFOSAMAK International*, pp 20-23, <http://www.larell.dk/SilageInfosamakOctDec05.pdf>
- Llanes, J., & Toledo, J. (2011). Physicochemical composition and digestibility of silages from fishery residues in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4), 417-422.
- Ndaw, A.D., Faid, M., Bouseta, A., & Zinedine, A. (2008). Effect of controlled lactic acid bacteria fermentation on the microbiological and chemical quality of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 10(1), 21-27.
- Madage, S.S.K., Medis, W.U.D., & Sultanbawa, Y. (2015). Fish silage as replacement of fishmeal in red tilapia feeds. *Journal of Applied Aquaculture*, 27(2), 95-106. DOI:10.1080/10454438.2015.1005483
- Ostergaard, A., Ben Embarek, P.K., Yamprayoon, J., Wedel-Neergaard, C., Huss, H., & Gram, L. (1998). Fermentation and spoilage of som-fak a Thai low-salt fish product. *Tropical Science*, 38, 105-112.
- Ozyurt, C. E., Boga, E. K., Ozkutuk, A. S., Ucar, Y., Durmus, M., & Ozyurt, G. (2020). Bioconversion of discard fish (*Equulites klunzingeri* and *Carassius gibelio*) fermented with natural lactic acid bacteria; the chemical and microbiological quality of ensilage. *Waste and Biomass Valorisation*, 11(4), 1435-1442. DOI:10.1007/s12649-018-0493-5
- Özyurt, G. (2016). *Balık Silajı Yapımı ve Kullanım Alanları*. El Kitabı, 65 s., Adana.
- Özyurt, G., Gökdoğan, S., Şimşek, A., Yuvka, I., Ergüven, M., & Kuley Boga, E. (2016). Fatty acid composition and biogenic amines in acidified and fermented fish silage: a comparison study. *Archives of Animal Nutrition*, 70(1), 72-86. DOI:10.1080/1745039X.2015.1117696
- Özyurt, G., Özkutuk, A.S., Boğa, M., Durmuş, M., & Boğa, E.K. (2017). Biotransformation of seafood processing wastes fermented with natural lactic acid bacteria; the quality of fermented products and their use in animal feeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 543-555. DOI:10.4194/1303-2712-v17_3_11
- Özyurt, G., Boga, M., Uçar, Y., Boga, E. K., & Polat, A. (2018a). Chemical, bioactive properties and in vitro digestibility of spray-dried fish silages: Comparison of two discard fish (*Equulites klunzingeri* and *Carassius gibelio*) silages. *Aquaculture Nutrition*, 24(3), 998-1005. DOI:10.1111/anu.12636
- Özyurt, G., Ozkutuk, A.S., Ucar, Y., Durmus, M., & Ozogul, Y. (2018b). Fatty acid composition and oxidative stability of oils recovered from acid silage and bacterial fermentation of fish (Sea bass, *Dicentrarchus labrax*) by-products. *International Journal of Food Technology and Nutrition*, 53, 1255-1261. DOI:10.1111/ijfs.13705
- Özyurt, G., Özkütük, A.S., Uçar, Y., Durmuş, M., & Ozogul, Y. (2019). Evaluation of the potential use of discard species for fish silage and assessment of its oils for human consumption. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1081-1088. DOI:10.1111/ijfs.13954
- Pagarkar, A.U., Basu, S., Mitra, A., & Sahu, N.P. (2006). Preparation of bio-fermented and acid silage from fish waste and its biochemical characteristic. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology and Environmental Sciences*, 8(2), 381.
- Palkar, N.D., Koli, J.M., Patange, S.B., Sharangdhar, S.T., Sadavarte, R.K., & Sonavane A.E. 2017. Comparative study of fish silage prepared from fish market waste by using different techniques. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 3844-3858. DOI:10.20546/ijcmas.2017.612.444
- Raeesi, R., Shabanpour, B., & Pourashouri, P. (2021). Quality evaluation of produced silage and extracted oil from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) wastes using acidic and fermentation methods. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 4931-4942. DOI:10.1007/s12649-020-01331-8
- Rai, A. K., Swapna, H. C., Bhaskar, N., & Baskaran, V. (2012). Potential of seafood industry byproducts as sources of recoverable lipids: Fatty acid composition of meat and nonmeat component of selected Indian marine fishes. *Journal of Food Biochemistry*, 36(4), 441-448. DOI:10.1111/j.1745-4514.2011.00549.x
- Raj, R., Raju, C.V., & Lakshmisha, I.P. (2018). Nutritional and biochemical properties of fish silage prepared as an ingredient in poultry feed. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(5), 423-428. DOI:10.20546/ijcmas.2018.705.054
- Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Subhashini, K.J., Chandran, M.N., Palavesam, A., & Immanuel, G. (2013). Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(2), 281-289. DOI:10.4194/1303-2712-v13_2_10
- Ramírez, J.C.R., Ibarra, J.I., Romero, F.A., Ulloa, P.R., Ulloa, J.A., Matsumoto, K.S., Córdoba, B.V., & Manzano, M.A.M. (2013). Preparation of biological fish silage and its effect on the performance and meat quality characteristics of quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(6), 1002-1010. DOI:10.1590/S1516-89132013000600016
- Russell, S.M., Fletcher, D.L., Pancorbo, O.C., & Merka, W.C. (1993). Effect of lactic acid fermentation on bacterial pathogens and indicator organisms in broiler processing waste. *Poultry Science*, 72, 1573-1576. DOI:10.3382/ps.0721573
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Peng, H., & Senadheera, R. (2019). Utilization of marine by-products for the recovery of value-added products. *Journal of Food Bioactives*, 6. DOI:10.31665/JFB.2019.6184
- Shirai, K., Guerrero, I., Huerta, S., Saucedo, G., Castillo, A., Gonzalez, R.O., & Hall, G. M. (2001). Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilage. *Enzyme and Microbial Technology*, 28(4-5), 446-452. DOI:10.1016/S0141-0229(00)00338-0
- Tanuja, S., Mohanty, P.K., Kumar, A., Moharana, A., & Nayak, S.K. (2014). Shelf life study of acid added silage produced from fresh water fish dressing waste with and without the addition of antioxidants. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 5(2), 91-98.
- Vidotti, R.M., Viegas, E.M.M., & Carneiro, D.J. (2003). Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 105(1), 199-204. DOI:10.1016/S0377-8401(03)00056-7
- Vidotti, R.M., Pacheco, M.T.B., & Gonçalves, G.S. (2011). Characterization of the oils present in acid and fermented silages produced from Tilapia

- filleting residue. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 240-244.
DOI:[10.1590/S1516-35982011000200002](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200002)
- Wyatt, B., & McGourty, G. (1990). Use of marine by-products on agricultural crops. International Byproducts Conference 1990 (pp: 187-195), Anchorage: Alaska, USA.
- Zahar, M., Benkerroum, N., Guerouali, A., Laraki, Y., & El Yakoubi, K. (2002). Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt addition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugarcane molasses. *Bioresource Technology*, 82(2), 171-176.
DOI:[10.1016/S0960-8524\(01\)00165-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00165-1)