

## Gökkuşluğu Alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin Raf Ömrü Üzerine Tütsüleme Yöntemleri ve Depolama Sıcaklığının Etkisi<sup>1</sup>

Nuray KOLSARICI, Özlem ÖZKAYA

A.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 06110, Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 20.11.1996

**Özet:** Araştırmada, 80° salinometrelik salamurada 4 saat tuzlandıktan sonra soğuk (28°C da 8 saat tütsülenerek) ve sıcak (30°C da 30 dakika tütsüledikten sonra sıcaklık 50°C çıkarılarak 30 dakika daha tütsülenmeye devam edilmiş ve sonra 80°C'da 45 dakika pişirilmiştir) tütsülenerek vakum ambalajlanan Gökkuşluğu alabalıklarının (*Salmo gairdneri*) +4±1°C ve -18±1°C'da depolanması koşulunda raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. +4±1°C'da depolanan alabalıklar tütsülemeyi takiben 4'er günlük periyotlarla tüketim özelliğini yitirene kadar, -18±1°C'da depolanan alabalıklar ise aylık periyotlarla 6 ay analize alınarak toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), laktik asit bakteri (LAB) sayıları ile pH değerleri ve total volatil baz azotu (TVB-N) düzeyleri belirlenmiş ve duyuşsal olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma bulgularına göre sıcak tütsüleme işleminde uygulama sıcaklığının yüksekliği nedeniyle mikroorganizma gelişimini önleyici etki soğuk tütsülemeye göre daha belirgin olmuştur. +4±1°C depolama sıcaklığında TMAB, TPAB ve LAB gelişiminde tütsüleme yöntemi X depolama süresi interaksyonu önemli bulunmuştur (P<0,05). +4±1°C'da depolanan alabalıkların pH ve TVB-N içerikleri de tütsüleme yöntemi X depolama süresine bağlı olarak önemli değişim göstermiştir (P<0,01). LAB gelişiminin yoğun olduğu soğuk tütsülenmiş grupta pH önemli ölçüde düşerek 16.günde 6,00 değerini bulmuştur. TMAB gelişiminde daha fazla olduğu bu grupta TVB-N miktarı da hızlı bir artış göstererek 16. günde 50,45 mg/100g olarak belirlenmiştir. -18°C'da depolanan alabalıklarda ise pH ve TVB-N'deki değişimde sadece depolama süresi etkili olmuştur (P<0,05). TMAB, TPAB ve LAB gelişiminde ise hem tütsüleme yöntemi hem de depolama süresi önemli ölçüde etkili olmuştur (P<0,01). Duyuşsal değerlendirmede ise her iki depolama sıcaklığında da sıcak tütsülenmiş alabalıklar soğuk tütsülenmiş alabalıklara göre daha yüksek puan almışlardır (P<0,01).

Soğuk ve sıcak tütsülenerek -18±1°C'da depolanmış alabalıklar 6 ay boyunca tüketim özelliğini yitirmekten, +4±1°C'da depolanan alabalıklardan soğuk tütsülenmiş olanlar 16. günde bozulmuştur. Sıcak tütsülenmiş alabalıklarda ise 44. günde tadında ekşime hissedilmiş, 48. günde tamamen tüketim özelliğini yitirmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Gökkuşluğu Alabalığı, tütsüleme, depolama, raf ömrü.

### Effect of Smoking Methods on Shelf-Life of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)

**Abstract:** In this research, the shelf-life of vacuum-packed Rainbow trouts (*Salmo gairdneri*) in 80° salinometer for 4 hours and then, treated by cold smoking (for 8 hours at 28°C) and by hot smoking (smoking was carried out in these steps: first, at 30°C for 30 minutes; second, at 50°C for 30 minutes and then, samples were cooked at 80°C for 45 minutes) was determined during the storage periods at +4±1°C and -18±1°C. Trouts stored at +4±1°C were analysed for four -day intervals till they lost their acceptability and trouts stored at -18±1°C were analysed for one month intervals for six months. Total mesophylic aerobic bacteria (TMAB), total psychrotrophic aerobic bacteria (TPAB) and lactic acid bacteria (LAB) counts, pH value and total volatile bases nitrogen (TVB-N) were determined. Furthermore, sensorial evaluation was done.

According to the results, since the smoking temperature was high hot smoking was found more effective on preventing bacterial growth than cold smoking. At +4±1°C storage temperature, the interaction between smoking method and storage time regarding TMAB, TPAB and LAB was found significant (P<0.05). The pH values and TVB-N contents of trouts stored at +4±1°C changed significantly (P<0.05). The pH values and TVB-N contents of trouts stored at +4±1°C changed significantly (P<0.01) dependent upon smoking method and storage time. In the cold smoked samples which had high LAB growth, pH value showed a significant decrease and reached to 6.00 on the 16<sup>th</sup> day. In this group which had higher TMAB counts than the others, TVB-N content increased rapidly. It was 50.45 mg/100 g on the 16<sup>th</sup> day. In trouts stored at -18±1°C, pH value and TVB-N content was only effected by storage time (P<0.05). On the other hand, both storage time and smoking methods influenced the growth of TMAB, TPAB and LAB. In sensorial evaluation, hot smoked trouts had higher scores than cold smoked ones in both storage temperature (P<0.01).

While neither cold nor hot smoked trouts stored at -18±1°C did not lose their acceptability after six-month storage period, in the storage at +4±1°C cold smoked trouts spoiled on the 16<sup>th</sup> day and hot smoked ones had a sour taste on the 44<sup>th</sup> day and they lost their acceptability completely on the 48<sup>th</sup> day.

**Key Words:** Rainbow trout, smoking, storage, shelf life

<sup>1</sup> Bu çalışmayı Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu Desteklemiştir (Proje No.94 25 00 06). Özlem ÖZKAYA'nın Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.

## Giriş

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artarak 2000'li yılların başında 6 milyarı aşacağı tahmin edilirken, bu nüfusun beslenme ihtiyaçlarının karşılanabilmesi mevcut kaynakların arttırılmasına ve besinsel kaynakların, bugünün ve yakın geleceğin teknolojik gelişmelerine uygun ve ekonomik olarak kullanılmasına bağlıdır. Ayrıca insanların kültür düzeylerinin gelişmesi ile birlikte dengeli ve sağlıklı beslenmeye verdikleri önem de artmıştır. Yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanabilmesi için protein temininin kaçınılmaz olduğu ve günlük alınması gerekli proteinin üçte birinin hayvansal kaynaklı olması gerekliliği de bilinmektedir.

Deniz ve iç sulardan elde edilen çeşitli balık türleri ve kabuklular yüksek oranda protein sağlayan su ürünlerini oluştururlar. Alternatif protein kaynakları ile kıyaslandığında, su ürünlerinin daha ekonomik besin kaynağı olduğu ve değişik yöntemlerle işlenerek depolandığında da zaman içinde protein değerini yitirmeden tüketilme özelliğine sahip olduğu da bilinmektedir.

Dünya nüfusunun hızlı artışı ile birlikte protein ihtiyacının artması, buna karşılık denizlerdeki bilinçsizce aşırı avlanma, denizlerin kirlenmesi ve su ürünlerinin insan beslenmesi dışında endüstride de ana ve yardımcı madde olarak kullanılması ile balık stoklarının giderek tükenmesi gelişmiş ülkeleri yeni arayışlar içine sokmuş ve bunun sonucu olarak da yeni teknolojiler geliştirilerek kültür balıkçılığına başlanılmıştır. Hasatın istenildiği zaman ve istenilen miktarda yapılabilmesi, pazar talebine uygun boy ve kalitede ürün elde edilebilmesi, pazarda ürün devamlılığını sağlayacağı için su ürünleri fiyatlarını regüle edebilme özelliğine sahip olması nedeniyle denizlerde ve iç sularda ekstansif ve entansif yöntemlerle gerçekleştirilen kültür balıkçılığı, dünyadaki toplam balık üretiminin %15'ini oluşturmaktadır (1,2).

Dünyadaki bu gelişime paralel olarak 80'li yıllardan itibaren Türkiye'de de kültür balıkçılığında önemli gelişmeler olmuştur. Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir payı %70'lik oranla alabalık oluşturmaktadır (2).

Su ürünleri üretiminde dünyada oldukça iyi konumda olan Türkiye'de gerek denizlerimizden, gerekse yetiştiricilikle elde edilen balıkların hemen hemen tamamı taze olarak pazarlanmaktadır, işlenmiş balık çok az bir kısmı oluşturur. Oysa ki dünyada elde edilen balığın büyük bir kısmı işlenerek tüketime sunulmakta, böylece balığın hem raf ömrü artırılmakta, hem de piyasaya farklı tat ve aromada ürün sağlanarak ürün çeşitliliği temin edilmektedir.

Bu işleme yöntemlerinden biri balıkların uygun koşullarda tütsülenmesidir. Bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan tütsüleme teknolojisinde önceleri amaç ürünün dayanıklı hale getirilmesi iken bugün daha çok tütsü aroması ve renginden yararlanılarak ürünün duyuşal özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu arada tütsüleme teknolojisi gereği uygulanan tuzlama ve kurutma ile ürünün su aktivitesi düşerken tütsünün yapısında yer alan maddeler de mikroorganizmaların faaliyetini engelleyici ve mikroorganizmaları öldürücü etki yapmaktadırlar (3,4,5,6,7,8).

Tütsülenmiş etler tütsü bileşiminde bulunan bileşenlerin karşılıklı interaksiyonun bir sonucu olarak, tütsülenmemiş etlere göre daha uzun süre muhafaza edilebilirler (9). Deng ve ark. (10) yaptıkları bir araştırmada tütsünün bu koruyucu etkisinin tütsüleme boyunca ortaya çıkan dehidrasyon ile tütsünün antimikrobiyel ve antioksidant özelliklerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Jense (11) ve Draudt'a (12) göre de bu etki tuz, dehidrasyon ve tütsü bileşiklerinin kombine etkileri sonucu gerçekleşmektedir.

Tütsüleme teknolojisinde iki önemli kural söz konusudur (13,14).

1) Gıdaların termal muamelelerle neminin üniform olarak azaltılması, eğer arzu edilirse otolitik enzimatik faaliyetlerle ürünün olgunlaştırılması ve ürünün belirli derecede pişmesi,

2) Tütsü uygulaması ile üründe renk ve flavoru geliştirme, bunun yanında koruyucu etki sağlamaktır.

Gıdaların tütsülenmesinde geleneksel tütsüleme, elektrostatik tütsüleme ve sıvı tütsü kondensatları ile muamele olmak üzere üç farklı yöntem uygulanabilir (15).

Tütsü kabinlerinde ürünün direkt duman ile temasıyla uygulanan geleneksel tütsüleme işlemi tütsülenen ürüne göre farklı sıcaklık ve sürede yapılabilir. Buna göre geleneksel tütsüleme işleminde klasik iki metot soğuk ve sıcak tütsülemedir (15,16).

Soğuk tütsülemede işlem 20-25°C arasında gerçekleştirilmekte, sıcaklık hiçbir zaman 30°C'yi aşmamaktadır. Sıcak tütsülemede ise tütsüleme 30-35°C'de başlayıp, 75-80°C'de bitmekte, son aşamada ürün kurumasının önlenmesi için tütsü odasına buhar verilmesi gerekmektedir (15,16).

Tütsüleme sınırsız bir koruma yöntemi değildir. Bu nedenle tütsülenmiş balıklarda bozulma oranını azaltabilmek için balıklar mutlaka soğukta muhafazaya alınmalıdır. Ancak, bu aşamada depolama ömürlerine etki eden bazı faktörler vardır. Bunlar arasında tür, ham

materyalin kalitesi, tuz konsantrasyonu, etin su aktivitesi, tütsüleme boyunca sistem sıcaklığı, paketlemenin tipi, hijyenik standart ve depolama sıcaklığı önemli rol oynamaktadır (7,17).

Bu nedenle araştırmada farklı sıcaklık derecelerinde tütsülenerek (sıcak ve soğuk olarak) vakum paketlenmiş alabalıkları soğuk ve donmuş depolanmanın ürünün raf ömrüne etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Denemede Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çifteler Su Ürünleri Araştırma Uygulama Çiftliği'nden temin edilen ortalama  $250 \pm 20$  g ağırlığında 95 adet Gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*) kullanılmıştır.

Tuzlamada Ankara piyasasından satın alınan orta irilikteki kuru ve temiz göl tuzu, tütsüleme işleminden sonra gerçekleştirilen vakum paketlemede ise poliamid, iyonomer ve polietilenden yapılmış olan ambalaj materyali kullanılmıştır.

### Metot

Denemeye alınan taze balıklar iç organları temizlendikten sonra yıkanmış, bunu takiben soğuk odada  $80^\circ$  salinometrelik (100 ml suda 28 g tuz) tuzlu suya daldırılarak 4 saat süreyle tuzlanmış ve süre sonunda yıkama işlemi uygulanmıştır. Tuzlanmış balıklar hafif bir sızdırma işlemi takiben sıcak ve soğuk tütsülenmek üzere iki gruba ayrılmışlardır.

Soğuk tütsüleme, sistem sıcaklığı  $28^\circ\text{C}$ 'a ayarlanmış tütsü kabiniinde 8 saatte gerçekleştirilmiştir.

Sıcak tütsüleme ise  $30^\circ\text{C}$ 'da başlamış, 30 dakika sonunda sıcaklık  $50^\circ\text{C}$ 'a yükseltilerek 30 dakika da bu sıcaklıkta tütsülemeye devam edilmiş, daha sonra sıcaklık  $80^\circ\text{C}$ 'a çıkarılarak balıklar 45 dakika süreyle hem tütsülenmiş, hem de pişmeleri sağlanmıştır.

Tütsüleme işlemi takiben her iki grupta balıklar oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, plastik torbalara tek tek yerleştirilerek vakumlu olarak ambalajlanmışlardır. Daha sonra her iki grupta yer alan balıklar iki alt gruba ayrılmış gruplardan biri  $+4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'daki buzdolabında diğeri ise  $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'daki derin dondurucuda depolanmışlardır. Soğuk depolanmış balıklar 0. günden başlayarak 4'er günlük periyotlarla tüketim özelliğini yitirene kadar donmuş depolanmış balıklar ise aylık periyotlarda 6 ay süreyle analize alınmışlardır.

Deneme iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş,

analizler her periyotta iki ayrı balıkta iki paralel olarak yapılmış ve sonuçlar bunların ortalaması olarak verilmiştir.

Çiğ ve tütsülenmiş alabalıkların kimyasal bileşimi saptamak için kurumadde, protein, yağ, kül ve tuz tayinleri (18) yapılmış, ayrıca her periyotta da tüm örneklerin Orion Research Model 420 A dijital pH metre kullanılarak pH değeri (19), total volatil baz azotu (TVB-N) (20) belirlenmiş ve örnekler duyuusal yönden değerlendirilmiştir (21). Duyusal değerlendirmede sıcak tütsülenmiş örnekler pişirmeden oda sıcaklığında değerlendirilmeye alınmış, soğuk tütsülenmiş olanlar ise elektrikli ızgarada  $175^\circ\text{C}$ 'da her iki yüzey 1,5 dakika olmak üzere pişirildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğutularak değerlendirilmeye alınmışlardır. Örnekler görünüş, tekstür, lezzet ve genel beğeni kriterleri esas alınarak 5 kişilik panelist grubu tarafından 9 puan üzerinden (7-9: Çok iyi, 4-6, 9 iyi, 1-3, 9 kötü olarak) değerlendirilmiştir.

Ayrıca her periyotta toplam mezofilik aerobik, toplam psikrofilik aerobik ve laktik asit bakteri düzeyleri belirlenmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde Gürgün ve Halkman'ın (22) belirttikleri dökme kültürel sayım yöntemi uygulanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri ile toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımları için Plate Count Agar (Oxoid) besiyeri kullanılmış ve mezofilik grup  $30^\circ\text{C}$ 'da 2 gün, psikrofilik grup ise  $7^\circ\text{C}$ 'da 10 gün inkübasyon uygulanmıştır (23). Laktik asit bakterileri ise MRS Agara (Oxoid) çift tabaka ekim yöntemiyle ekim yapılarak  $37^\circ\text{C}$ 'da 2 gün inkübasyonla belirlenmiştir (22,23). Bütün gruplarda bakteri koloni sayıları  $\log_{10}$  CFU/g (her gramda koloni oluşturma ünitesi) olarak belirlenmiştir.

Deneme boyunca elde edilen değerlere ANOVA tekniği ile varyans analizi uygulanmış ve önemli bulunan varyans kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile kıyaslanmıştır (24).

### Bulgular

Araştırma materyali olan çiğ balık ile bunların soğuk ve sıcak tütsülenmeleri sonucu elde edilen tütsülenmiş alabalıkların kimyasal bileşimi Tablo 1'de topluca verilmiştir. Çiğ balığa ait pH, TVB-N ve mikrobiyolojik sonuçları ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Sıcak ve soğuk tütsülenerek soğuk ve donmuş depolanmış alabalıklarda değişik periyotlarda belirlenen pH değerleri Şekil 1 ve Şekil 2'de, TVB-N değerleri Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçları Şekil 5-10'da, duyuusal analiz sonuçları ise Tablo 3 ve Tablo 4'de gösterilmiştir.

Örnek	Kurumadde	Protein	Yağ	Kül	Tuz
Çiğ alabalık	29,05±0,75 <sup>A</sup>	19,05±0,05 <sup>E</sup>	8,45±0,65 <sup>E</sup>	1,31±0,11 <sup>A</sup>	0,10±0,04 <sup>A</sup>
Soğuk tütsülenmiş	37,80±0,80 <sup>B</sup>	23,65±0,95 <sup>D</sup>	9,96±0,54 <sup>E</sup>	3,35±0,05 <sup>B</sup>	2,25±0,05 <sup>B</sup>
Sıcak tütsülenmiş	43,65±0,45 <sup>C</sup>	25,60±1,00 <sup>D</sup>	11,23±1,27 <sup>D</sup>	4,70±0,10 <sup>C</sup>	3,68±0,05 <sup>C</sup>

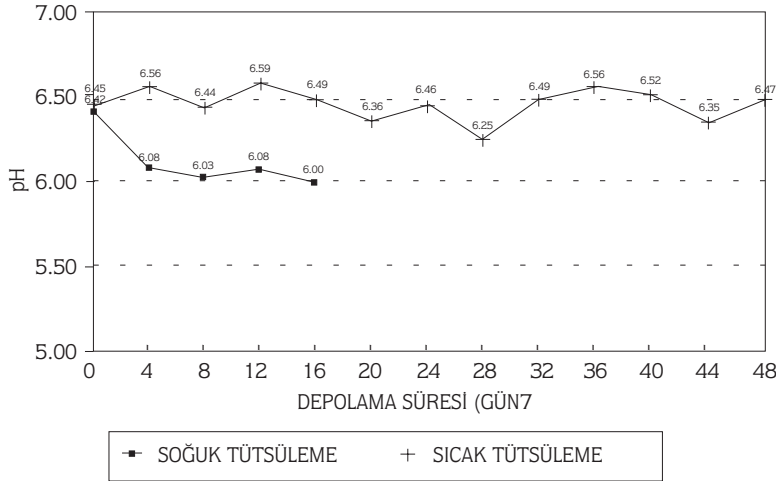
Tablo 1. Çiğ, soğuk ve sıcak tütsülenmiş alabalıkların kuru madde, kül, protein ve yağ miktarları (%)\*

\* İki tekerrür ortalaması±standart hata (n=8).  
Aynı özellikte farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında fark vardır [A,B,C(↓) p<0,01 D,E(↓) p<0,05].

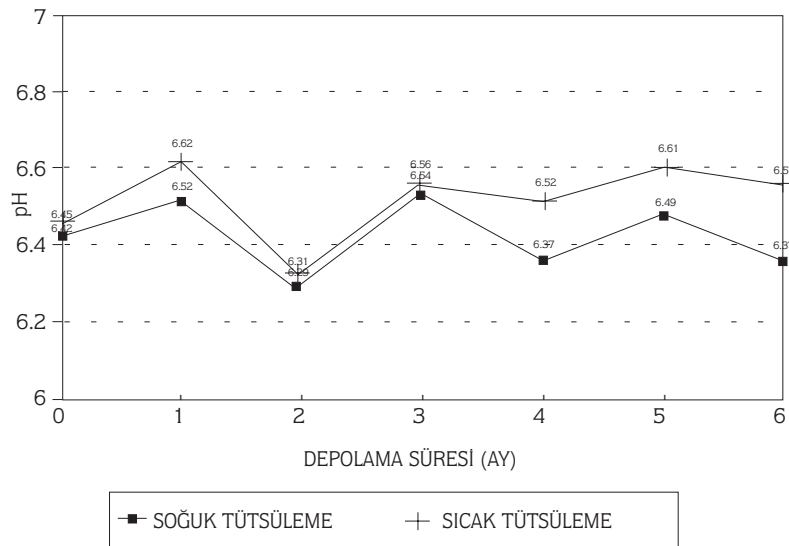
Örnek	pH	TVB-N (mg/100 g)	TMAB (log CFU/g)	TPAB (log CFU/g)	LAB (log CFU/g)
Çiğ alabalık	6,12	17,60	2,47	2,40	2,44

Tablo 2. Çiğ alabalığa ait pH, TVB-N ve mikrobiyolojik analiz sonuçları\*

\* İki tekerrür ortalaması (n=8)



Şekil 1. Soğuk ve sıcak tütsülemenin +4±1°C'da depolanmış alabalıkların pH değerleri üzerine etkisi. Tütsüleme yöntemi X depolama süresi LSD<sub>.01</sub>=0,10.



Şekil 2. Soğuk ve sıcak tütsülemenin -18±1°C'da depolanmış alabalıkların pH değerleri üzerine etkisi. Depolama süresi LSD<sub>.01</sub>=0,17.

## Tartışma

Tütsüleme öncesi tuzlama işlemi ve özellikle tütsüleme esnasında uygulanan sıcaklık alabalıkların kurumadde

içeriğinin önemli ölçüde artmasına neden olmuştur (P<0,01). Bu etki örneklerin protein içeriğinde de önemli ölçüde artışa neden olmuştur (P<0,05). Kurumadde artışı

Duyusal Özellik	Tüt. Yönt.	Depolama Süresi (Gün)												
		1	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Görünüş <sup>a</sup>	S	7,8	7,6	7,6	6,0	3,8								
	H	8,6	8,5	8,4	8,4	7,8	6,8	6,6	6,0	5,0	4,8	4,7	4,3	4,3
Tekstür <sup>b</sup>	S	6,8	6,7	6,6	5,8	3,8								
	H	8,8	8,2	8,2	8,2	7,2	7,0	6,2	5,6	4,3	4,1	4,0	3,9	3,7
Lezzet <sup>c</sup>	S	7,8	7,5	7,4	6,0	4,2								
	H	8,9	7,6	7,6	7,6	7,4	6,4	5,4	5,3	4,4	4,1	4,0	3,6	3,2
Genel Beğeni <sup>d</sup>	S	7,6	7,4	7,2	5,8	3,8								
	H	8,9	7,9	7,9	7,9	7,4	6,4	6,0	5,7	4,4	4,2	4,0	4,0	3,9

\* Her bir değer iki tekrür ortalamasıdır (n=10)

<sup>a</sup> Tütsüleme yöntemi X depolama süresi interaksyonu önemli (P<0,01 LSD=1,26)

<sup>b</sup> Tütsüleme yöntemi (P<0,05) ve depolama süresi önemli (P<0,01 LSD=0,92).

<sup>c</sup> Tütsüleme yöntemi X depolama süresi interaksyonu önemli (P<0,01 LSD=1,35).

<sup>d</sup> Tütsüleme yöntemi X depolama süresi interaksyonu önemli (P<0,01 LSD=1,30).

S: Soğuk tütsüleme H: Sıcak tütsüleme

Tablo 3. Soğuk ve sıcak tütsülenerek +4±1°C'da depolanmış alabalıkların duyusal beğeni puanları\*.

Duyusal Özellik	Tüt. Yönt.	Depolama Süresi (Ay)						
		0	1	2	3	4	5	6
Görünüş <sup>a</sup>	S	7,8	7,4	7,3	7,2	6,2	5,9	5,4
	H	8,6	7,8	7,6	7,5	7,4	7,2	6,7
Tekstür <sup>b</sup>	S	6,8	7,6	7,0	6,3	6,0	6,0	5,9
	H	8,8	7,6	7,5	7,3	7,2	6,8	6,0
Lezzet <sup>c</sup>	S	7,8	7,2	7,0	6,9	6,6	5,6	5,3
	H	8,9	7,2	7,1	7,0	5,9	6,4	5,8
Genel Beğeni <sup>d</sup>	S	7,6	7,6	7,2	7,0	6,2	6,0	6,0
	H	8,9	7,4	7,4	7,0	7,0	6,2	6,0

\* Her bir değer iki tekrür ortalamasıdır (n=10)

<sup>a</sup> Tütsüleme yöntemi (P<0,05) ve depolama süresi önemli (P<0,01 LSD=0,03).

<sup>b</sup> Tütsüleme yöntemi x depolama süresi interaksyonu önemli (P<0,05 LSD=0,90).

<sup>c</sup> Depolama süresi önemli (P<0,01 LSD=0,84).

<sup>d</sup> Depolama süresi önemli (P<0,01 LSD=0,83).

S: Soğuk tütsüleme H: Sıcak tütsüleme

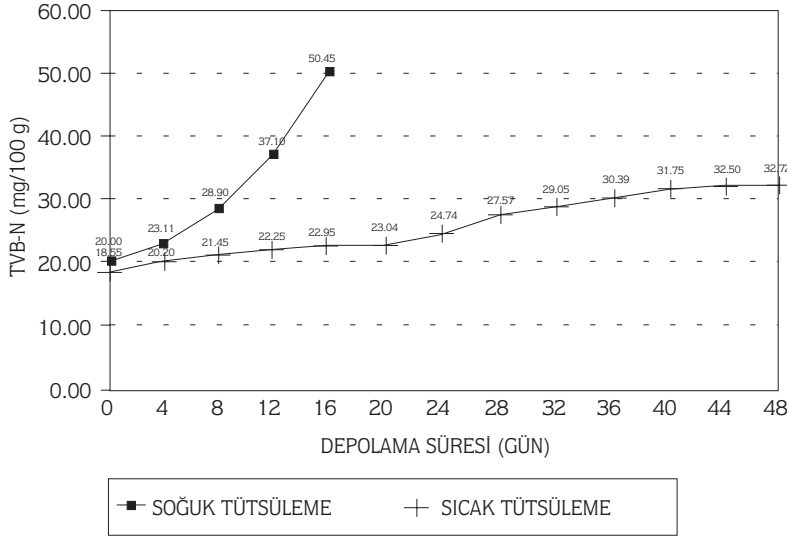
ile örneklerin yağ içeriğinde oransal bir artış görülmüş, fakat bu değişiklik sadece sıcak tütsülenmiş grupta istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Tuzlama ve tütsüleme işlemi aynı zamanda örneklerin kül ve tuz içeriğinde de istatistik olarak önemli artışlara neden olmuştur (P<0,01).

### pH Değişimleri

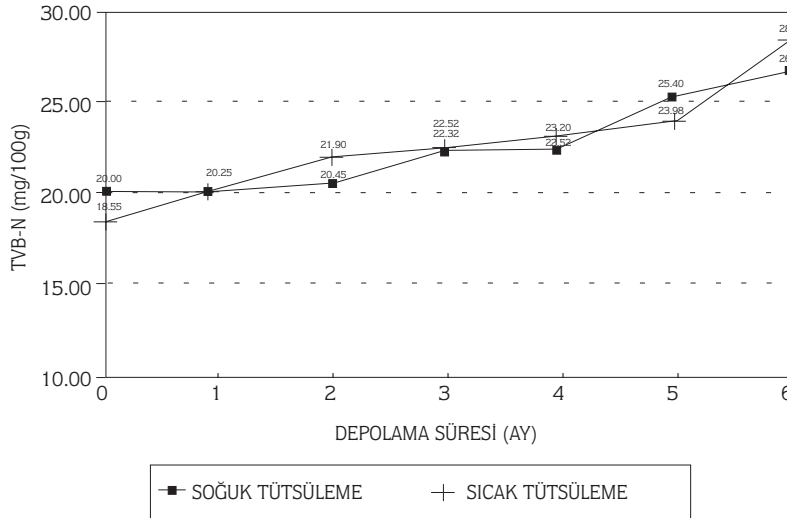
Çiğ balıkta 6,12 olan pH değeri sıcak ve soğuk tütsülemeyi takiben önemli artış göstererek 6,42 ve 6,45

değerine ulaşmıştır (P<0,01). Her iki depolama sıcaklığında tütsülenmiş alabalıkların pH değerleri zamana bağlı olarak değişim göstermiş, soğuk tütsülenmiş +4±1°C'da depolanmış alabalıklarda depolamanın ilk günlerinde pH'da önemli düşüşler (P<0,01) görülmüş, bu gruptaki alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği depolamanın 16. gününde pH 6,00 olarak belirlenmiştir. Sıcak tütsülenmiş grupta ise 4 günlük depolama sonunda önemli düzeyde artarak pH 6,56 değerine ulaşmıştır (P<0,01).

Tablo 4. Soğuk ve sıcak tütsülenerek -18±1°C'da depolanmış alabalıkların duyusal beğeni puanları\*.



Şekil 3. Soğuk ve sıcak tütsülemenin +4±1°C'da depolanmış alabalıkların TVB-N üzerine etkisi. Tütsüleme yöntemi X depolama süresi LSD<sub>.01</sub>=9,46.



Şekil 4. Soğuk ve sıcak tütsülemenin -18±1°C'da depolanmış alabalıkların TVB-N üzerine etkisi. Depolama süresi LSD<sub>.05</sub>=4,10.

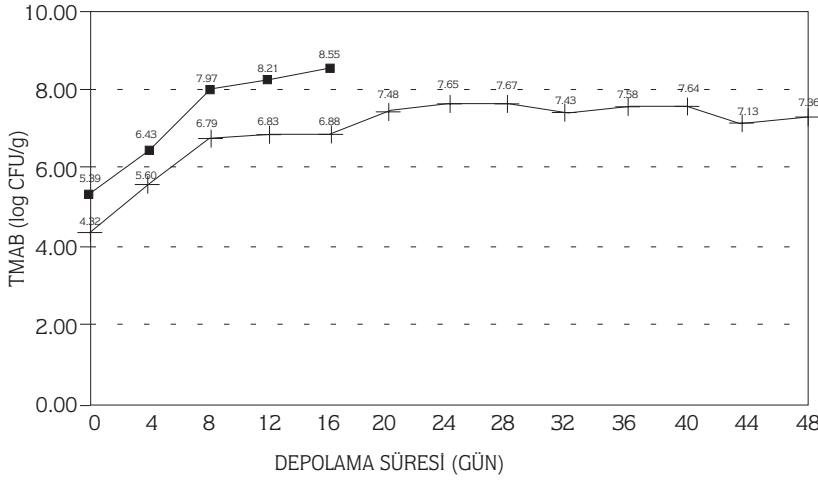
Daha sonraki periyotlarda pH değerinde önemli olmayan değişimler görülmüş ve 48 günlük depolama sonunda pH 6,47 olarak belirlenmiştir. İstatistik kontroller sıcak ve soğuk tütsülenerek soğuk depolanan alabalıklarda tütsüleme yöntemleri X depolama süresi etkileşiminin (P<0,01) düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir.

-18±1°C'da depolanan tütsülenmiş alabalıkların pH değerine ise tütsüleme yöntemi istatistik farklılık yaratacak düzeyde etkili olmamış, buna karşılık her iki grupta zamana bağlı olarak ortaya çıkan pH değişimlerinin (P<0,01) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Ancak her iki depolama sıcaklığında soğuk tütsülenmiş alabalıkların pH değerleri sıcak tütsülenmiş alabalıklara oranla daha düşük bulunmuştur.

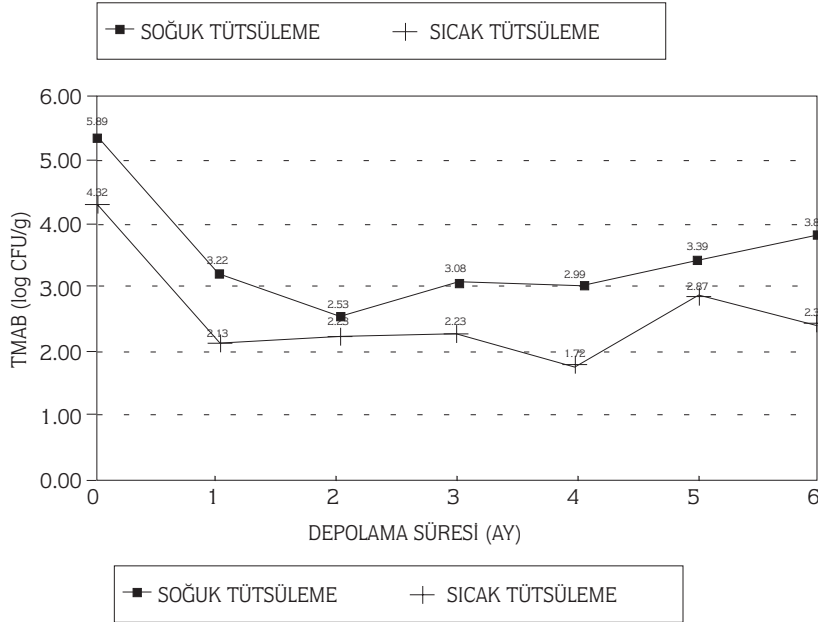
Schulze (25) da fileto olarak tütsüleyerek +4°C'da depolanmış alabalıklarda pH değerinin 6,1-6,3 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

#### TVB-N Değişimleri

Çiğ alabalıkta 17,60 mg/100 g olarak belirlenen TVB-N düzeyi hem soğuk, hem de sıcak tütsülenmiş gruplardaki alabalıklarda artış göstermiş (P>0,01), soğuk tütsülenen grupta tütsülemeyi takiben 20,00 mg/100 g, sıcak tütsülenen grupta ise 18,55 mg/100 g değerine ulaşmıştır. İstatistik olarak önemli olmasa da bu artışa tütsüleme ile oluşan ağırlık kaybı önemli ölçüde etkili olmuştur. Tütsülenmiş alabalıklarda +4±1°C'da depolama esnasında TVB-N değerleri zamana bağlı olarak artış



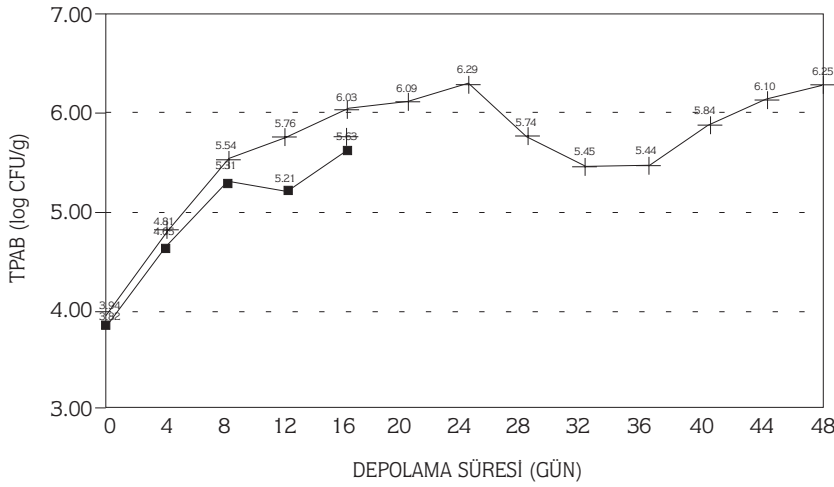
Şekil 5. Soğuk ve sıcak tütülemenin  $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların TMAB gelişimi üzerine etkisi. Tütüleme yöntemi X depolama süresi  $\text{LSD}_{.05}=0,78$ .



Şekil 6. Soğuk ve sıcak tütülemenin  $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların TMAB gelişimi üzerine etkisi. Depolama süresi  $\text{LSD}_{.01}=0,52$ .

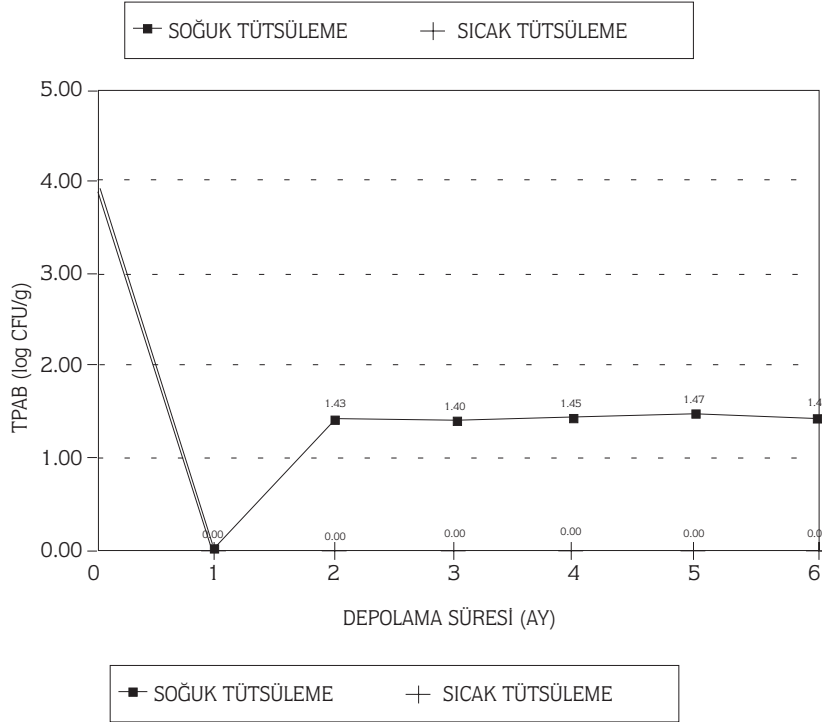
gösterirken, bu artış soğuk tütülenmiş grupta sıcak tütülenmiş gruba kıyasla daha fazla olmuş ve depolamanın 12. gününden itibaren iki grup arasındaki farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır ( $P<0,01$ ) (Şekil 3). Bunun nedeni de soğuk tütülemeye uygulama sıcaklığının daha düşük olması nedeniyle mikrobiyel ve enzimatik inaktivasyonun daha az olmasıdır. Zira depolama esnasında bu grupta görülen daha hızlı mikrobiyel ve enzimatik faaliyete bağlı olarak TVB-N düzeyi de daha hızlı artış gösterir. Soğuk tütülenmiş alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği 16. günde TVB-N değeri  $50,45 \text{ mg}/100 \text{ g}$  olarak belirlenirken, sıcak tütülenmiş grupta bu değer 48 günlük depolama sonucunda bile  $32,72 \text{ mg}/100 \text{ g}$  olmuştur.

$-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklarda ise sıcak ve soğuk tütülemenin TVB-N üzerine önemli bir etkisi olmamış ( $P>0,05$ ) (Şekil 4) yalnız donmuş depolama esnasında her iki grupta TVB-N değerinde düşük düzeyde de olsa artış görülmüş ve 6 aylık depolama sonunda ulaşılan TVB-N değerleri diğer aylarda belirlenen TVB-N düzeylerinden önemli ölçüde yüksek olmuştur ( $P<0,05$ ). Bu durum dondurarak muhafaza esnasında bile enzim inaktivasyonunun tamamen engellenememesinden kaynaklanmıştır. TBV-N bulguları Plete ve ark. (26)'nın tütülenmiş uskumru için elde ettiği TVB-N değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca Gökoğlu ve Varlık (8) da  $5-6^{\circ}\text{C}$ 'da depoladıkları sıcak tütülenmiş alabalıklarda başlangıçta  $17 \text{ mg}/100 \text{ g}$  olarak belirledikleri TVB-N



Şekil 7.

Soğuk ve sıcak tütsülemenin +4±1°C'da depolanmış alabalıkların TPAB gelişimi üzerine etkisi. Tütsüleme yöntemi X depolama süresi LSD<sub>.05</sub>=0,45.



Şekil 8.

Soğuk ve sıcak tütsülemenin -18±1°C'da depolanmış alabalıkların TPAB gelişimi üzerine etkisi.

değerinin 45. günde 35 mg/100 g, 60. günde ise 62 mg/100 g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Schulze (25) da, +4°C ve +10°C'da depoladıkları sıcak tütsülenmiş alabalık fileto da başlangıçta 21,9 mg/100 g olarak belirlediği TVB-N değerini 21. günde sırasıyla 30,3 ve 31,8 mg/100 g'a ulaştığını, bu değer in bütün olarak tütsülenen alabalıklarda ise sırasıyla 29,0 ve 31,1 mg/100 g olduğunu bildirmiştir.

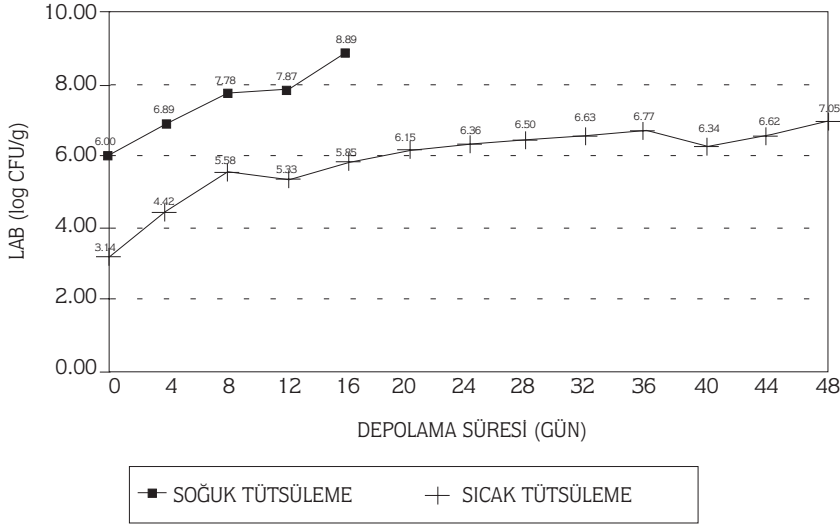
#### Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

##### Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı:

Sıcak ve soğuk tütsülenmiş alabalıklarda tütsülemeyi

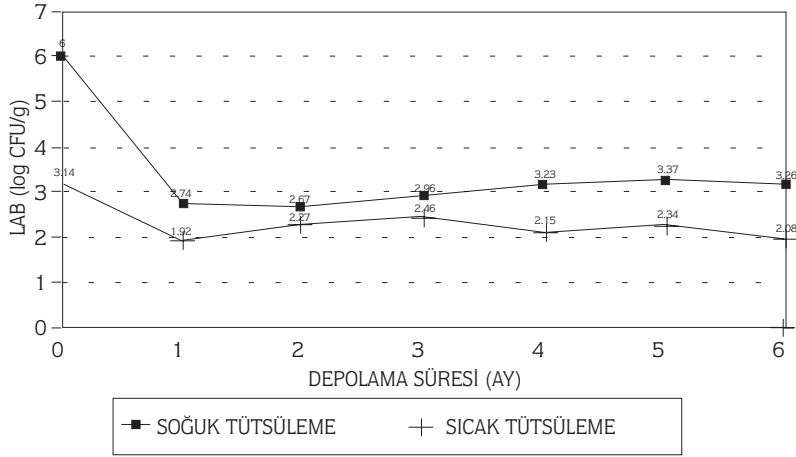
takiben TMAB düzeyleri soğuk tütsülenmişlerde 5,39 log CFU/g, sıcak tütsülenmişlerde 4,32 log CFU/g olarak belirlenmiştir. +4±1°C'da depolama ile soğuk tütsülenmiş alabalıklarda, sıcak tütsülenmişlere göre daha hızlı artış göstererek, soğuk tütsülenmiş grubun tüketim özelliğini yitirdiği depolamanın 16. gününde 8,55 log CFU/g değerini vermiştir. Sıcak tütsülenmiş grupta alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği 48. günde ise TMAB düzeyi 7,36 log CFU/g olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Soğuk depolanmış tütsülenmiş alabalıklarda tütsüleme yöntemi X depolama süresi interaksiyonu önemli olmuş (P<0,05) ve soğuk tütsülenmiş alabalıkların başlangıçtan





Şekil 9.

Soğuk ve sıcak tütsülemenin  $+4\pm 1^\circ\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların LAB gelişimi üzerine etkisi. Tütsüleme yöntemi X depolama süresi  $LSD_{.01}=0,91$ .



Şekil 10.

Soğuk ve sıcak tütsülemenin  $-18\pm 1^\circ\text{C}$ 'da depolanmış alabalıkların LAB gelişimi üzerine etkisi. Tütsüleme yöntemi X depolama süresi  $LSD_{.01}=0,79$ .

itibaren tüketim özelliğini yitirdiği 16. güne kadar her periyotta belirlenen tütsüleme grupları arası farklılık istatistik olarak önemli olmuştur ( $P<0,05$ ).

Tütsülemeyi takiben  $-18\pm 1^\circ\text{C}$ 'da depolanan alabalıklarda ise TMAB düzeyleri depolamanın ilk ayında önemli düşüşler göstererek bir aylık depolama sonunda soğuk tütsülenen grupta 3,22 log CFU/g, sıcak tütsülenen grupta ise 2,13 log CFU/g düzeyine düşmüştür ( $P<0,01$ ) (Şekil 6).  $-18^\circ\text{C}$ 'da 6 ay depolamaya alınan soğuk tütsülenmiş alabalıklarda depolamanın her periyodunda sıcak tütsülenenlerden önemli derecede daha yüksek TMAB belirlenmiştir ( $P<0,01$ ). Buna rağmen her iki grupta da ulaşılan TMAB düzeyleri bozulma sınırının çok altında kalmıştır.

Sıcak tütsülemenin, soğuk tütsülemeye göre mezofilik aerobik bakteri sayısını önemli ölçüde azalttığı tütsülenmiş İspanyol uskumrusu ile yaptıkları araştırmada

Deng ve ark. (10) tarafından da bildirilmiştir. Zira soğuk tütsülemenin mikroorganizmalar üzerine olan etkisi sadece tütsü bileşiklerinden kaynaklanmakta olup bu etki sıcak tütsülemedeki yüksek uygulama sıcaklığının etkisine göre yetersiz kalmaktadır.

**Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri (TPAB) Sayısı:** Sıcak ve soğuk tütsülenmiş alabalıkların depolama öncesi TPAB sayıları sırasıyla 3,82 ve 3,94 log CFU/g olarak belirlenmiş ve tütsüleme yöntemleri arası farkın önemli olmadığı görülmüştür ( $P>0,01$ ) (Şekil 7).  $+4\pm 1^\circ\text{C}$ 'da depolama boyunca da tüm periyotlarda tütsüleme yöntemleri arası farklılık önemsiz olmuştur ( $P>0,01$ ). Balıklarda tazeliğin derecesini belirleyen TVB-N değerine göre soğuk tütsülenmiş alabalığın tüketim özelliğini yitirdiği 16. günde TPAB sayısının 5,63 log CFU/g ulaştığı görülmüştür. Sıcak tütsülenmiş grupta ise aynı periyotta 6,03 log CFU/g düzeyinde TPAB belirlenmiş, balıkta

ekşimenin hissedilmeye başladığı 44. günde bu değer 6,10 log CFU/g ulaşmış olup daha sonraki periyotta ise 6,25 log CFU/g olarak belirlenmiştir.  $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanan alabalıkların her iki grubunda başlangıçta TPAB sayılarında hızlı bir düşüş görülmüş ve bir ay sonunda her iki grupta hiç TPAB belirlenmemiştir (log CFU<1) ( $P<0,01$ ). Birer aylık periyotlarla 6 ay boyunca yapılan TPAB sayıları sıcak tütsülenmiş grupta depolama boyunca farklılık göstermemiş, soğuk tütsülenen grupta ise 1. ayı takip eden aylarda düşük düzeyde de olsa bir artış olmuş ve 6. ayda 2,43 log CFU/g değerine ulaşılmıştır. Ayrıca depolamanın 2. ayından itibaren sıcak ve soğuk tütsülenen gruplar arasında görülen farklılığın istatistik olarak da önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0,01$ ) (Şekil 8).

Deng ve ark. (10) da soğuk ve sıcak tütsüleyerek  $10^{\circ}\text{F}$  ve  $38^{\circ}\text{F}$ 'da ( $-12,2^{\circ}\text{C}$  ve  $3,3^{\circ}\text{C}$ ) depoladıkları İspanyol uskumrusuyla yaptıkları çalışmada uzun süre depolamanın mikroorganizma sayısını artırdığını bildirmiştir. Aynı şekilde Schulze (25) da tüm ve fileto olarak tütsülenmiş  $+4^{\circ}\text{C}$  ve  $+10^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklarda TPAB sayısının depolama süresine bağlı olarak arttığını belirlemiştir.

**Laktik Asit Bakteri (LAB) Sayısı:**  $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanan sıcak ve soğuk tütsülenmiş alabalıkların LAB düzeyinde her iki grupta da artış saptanmış ve bu artış soğuk tütsülenmiş grupta sıcak tütsülenmiş alabalıklara göre oldukça fazla olmuştur ( $P<0,01$ ) (Şekil 9). Tütsüleme yöntemi X depolama süresi etkileşiminin LAB sayısında  $P<0,01$  düzeyinde önemli farklılık oluşturduğu görülmüştür. Alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği 16. ve 48. günlerinde LAB düzeyleri sırasıyla 8,89 log CFU/g ve 7,05 log CFU/g olarak saptanmıştır.

$-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da donmuş depolanan tütsülenmiş alabalıklarda ise depolamayı takiben LAB sayısında her iki grupta istatistik olarak önemli olmayan düşüşler olmuş 1. ay sonunda soğuk tütsülenmiş grupta 2,74 log CFU/g, sıcak tütsülenmiş grupta ise 1,92 log CFU/g değerlerine ulaşılmıştır (Şekil 10). Bundan sonra 6. ayın sonuna kadar önemli bir değişim görülmemiş, yalnız donmuş depolamanın her periyodunda soğuk tütsülenmiş alabalıklar önemli ölçüde daha fazla LAB içermişlerdir ( $P<0,01$ ).

Egan ve Shay (27)'da vakum paketli etlerde LAB gelişerek ekşi, asit ve acı tat oluşturacağını belirtmiştir. Ayrıca Schulze (25) da, tüm ve fileto olarak tütsülenmiş  $+4^{\circ}\text{C}$  ve  $+10^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklarda LAB sayılarının depolama sürecine bağlı olarak arttığını ve ekşimeye neden olduklarını bildirmiştir.

#### Duyusal değerlendirme

Sıcak ve soğuk tütsülenerek  $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da soğuk ve -

$18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da donmuş depolanmış alabalıkların depolanma stabilitesine belirlemek için soğuk depolananlarda dörder günlük, donmuş depolananlarda ise birer aylık periyotlarda görünüş, tekstür, lezzet ve genel beğeni gibi kriterler dikkate alınarak duyusal olarak değerlendirilmiştir.

5 panelist tarafından yapılan değerlendirmelerde sıcak tütsülenmiş alabalıklar her iki depolama sıcaklığında da soğuk tütsülenmişlerden daha yüksek puan almışlardır (Tablo 3 ve 4).

İstatistik kontroller soğuk ve sıcak tütsülenerek  $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanan alabalıkların tekstürel özelliklerinin önemli düzeyde farklı olduğunu göstermiştir ( $P<0,01$ ). Görünüş, lezzet ve genel beğeni puanlarına tütsüleme yöntemi x depolama süresi interaksyonunun önemli etkisi olmuştur ( $P<0,01$ ). Soğuk tütsülenmiş alabalıkların tüketim özelliğini yitirdiği 16 günlük dönem için yapılan varyans analizi soğuk tütsülenen alabalıkların depolamanın 12 ve 16. gününde görünüş, lezzet ve genel beğeni açısından önemli düzeyde daha düşük puan aldığı görülmüştür ( $P<0,01$ ). Sıcak tütsülenmiş alabalıklarda ise tüm duyusal özellikler açısından 1. gün ile 16. günden sonraki tüm periyotlar arasında önemli düzeyde farklılık saptanmıştır ( $P<0,01$ ). Soğuk depolanmış alabalıklarda soğuk tütsülenmiş olanlar 16. günde tüketilebilir özelliğini kaybederken, sıcak tütsülenmiş olanlara 44. günden sonra tadının yavanlaşması, duman tadı ile kokusunun azalması ve ekşimeyle birlikte duyusal özelliklerini kaybetmiş ve 48. günden sonra tamamıyla bozulmuş, tüketim dışı kalmıştır.

Sıcak ve soğuk tütsülenerek  $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklarda lezzet ve genel beğeni gibi duyusal özellikler üzerine tütsüleme yöntemlerinin önemli bir etkisi olmazken ( $P>0,01$ ), depolama süresi görünüş, lezzet ve genel beğeni puanlarında ise ( $P<0,01$ ) düzeyinde farklılık yaratacak şekilde azalmalara neden olmuştur. Ayrıca tütsülenmiş alabalıkların görünüşü tütsüleme yönteminden de önemli ölçüde etkilenmiş ve sıcak tütsülenmiş grup daha yüksek puanlar almıştır ( $P<0,05$ ). Tekstür özelliğinde ise tütsülme yöntemi X depolama süresi etkileşimi önemli olmuştur ( $P<0,05$ ). Buna rağmen alabalıklar 6 aylık donmuş depolama boyunca yenilebilir niteliğini kaybetmemişlerdir.

Araştırma bulgularına göre, depolama sürecine bağlı olarak duyusal özelliklerde oluşan kötüleşme Deng ve ark. (10)'nın, tütsülenmiş İspanyol uskumrusuyla yaptığı çalışmadaki duyusal değerlendirme sonuçları ve Gököğlü ve Varlık'ın (8), tütsülenmiş alabalıkta yaptığı çalışmadaki bulgular ile uyum içindedir.

## Sonuç

Alabalığın taze tüketimine alternatif tüketim tarzı olan tütsüleme işlemi çok kısa sürede tüketilmesi gereken balıkların muhafaza ömrünü önemli ölçüde etkiler.

Araştırmada uygulanan tütsüleme şekillerinden sıcak tütsüleme alabalıklarda mikrobiyel gelişim üzerine önemli etki göstermiş buna karşın soğuk tütsüleme genelde daha zayıf bir işlem olarak kalmıştır. Sıcak tütsülemenin mikroorganizmalar üzerine olan bu etkisi tütsü bileşiklerinin koruyucu etkisi yanında uygulama sıcaklığının yüksekliğinden kaynaklanmıştır. Bunun yanında soğuk tütsülenmiş alabalıkların duyuşsal beğeni puanları da düşük olmuş, fakat yine de pazarlanabilme olanağının iyi olduğu görülmüştür.

Sıcak ve soğuk tütsülenerek  $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklar 6 ay boyunca tüketim özelliğini yitirmemiştir. Sıcak tütsülenmiş  $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'da depolanmış alabalıklarda ise 44. günde tadında yavanlaşma, duman kokusunda azalma ve ekşime görülmüş 48. günde tüketim dışı kalmıştır. Soğuk tütsülenmiş alabalıklarda ise bu süre 16. gün olarak belirlenmiştir.

Uzun raf ömrüne sahip tütsülenmiş balık üretimi için taze balık kullanılması, tütsüleme işleminin doğru süre ve sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi, tütsülenmiş balıkların vakum ambalajlandıktan sonra soğuk veya donmuş depolanması önerilir.

## Kaynaklar

1. Sökmenler, S. Türkiye'de Kültür Balıkçılığı. Su Ürünleri Semineri. İstanbul Ticaret Odası. 1988; 21, 95-107.
2. Ergin, G., Gökalp, H.Y., Kolsarıci, N. Erdem, Y.K. Hayvansal Gıdalar Endüstrisi. Türkiye Ziraat Mühendisleri 4. Teknik Kongresi. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No:26, Ankara. 1995; 847-868.
3. Frazier, W.C. Food Microbiology, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc., New York. 1967.
4. Mills, A. Handling and Processing Rainbow Trout, Torry Advisory Note, No:74, 9, 1978.
5. Kundakçı, A. Et Teknolojisinde Tütsüleme. Gıda. 1979; 4, 1, 17-24.
6. Anonymous. Smoked White Fish Recommended Practice For Producers. Torry Advisory Note. No:9, 8, 1982.
7. Sikorski, Z.E. Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 1990.
8. Gökoğlu, N., Varlık, C. Dumanlanmış Gökkuşluğu alabalığının (*Salmo gairdneri* R. 1836) raf ömrü üzerine araştırma, Gıda. 1992; 17, 1, 61-65.
9. Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Ziraat Fak., Yayın No:786, Erzurum, 1994.
10. Deng, J., Toledo, R.T., Lillard, D. Effect of smoking temperatures on acceptability and storage stability of smoked spanish mackerel, J. Food Sci. 1974; 39, 596-601.
11. Jense, L.B. Microbiology of Meats. 3<sup>rd</sup> Edition Garrard Press, Champaign, Illinois. 1954.
12. Draudt, H.N. The Meat Smoking Process: A Review, Food Technol. 1963; 17, 12, 1557-1562.
13. Foster, W.W., Simpson, T.H. Studies of the smoking process for foods, I. The importance of vapours, II. The role of smoke particles, J. Sci. Food Agric. 1961; 12, 263 and 635.
14. Toth, L., L., Potthast, T. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products, Advances in Food Research. 1984; 29, 87-155.
15. Girard, J.P. Technology of Meat and Meat Products. Ellis Horwood Limited, New York. 1992.
16. Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A., Waterman, J.J. Fish Handling Processing, Her majesty's Stationery Office, Edinburgh. 1965.
17. Anonymous. Smoked Fish-Recommended Practice for Relailers, Torry Advisory Note. No:14, 6, 1978.
18. Lees, R. Food Analysis. Analytical and Quality Control Methods for the Manufacturer and Buyer. Third Ed., Leonard Hill Books, London. 1975.
19. Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu. A.Ü. Ziraat Fak., Yayın No:318, Erzurum. 1993.
20. Cox, H.E., Pearson, D. The Chemical Analysis of Foods Chemical Publishing Co. Inc. New York. 1962.
21. Amerina, M.A., Pangborn, R., Roessler, E.B. Principles of sensory evaluation of food, Academic Press, New York. 1965.
22. Gürgün, V., Halkman, K.T. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Demeği, Yayın No:7, San Matbaası, Ankara. 1988.
23. Baumgart, J. Microbiologische untersuchung von Lebensmitteln, Behr's Verlag GmbH, Hamburg. 1990.
24. Sas Institute. SAS Procedures Guide, Release 6.03, Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC., 1988.

25. Schulze, K. Untersuchungen zur Mikrobiologie, Haltbarkeit und Zusammensetzung von Raucherforellen aus einer Aquakultur, Archiv für Lebensmittelhygiene. 1985; 36, 81-85.
26. Plete, C., Orejana, F.M. Pulanco, E., Arafiles, L.M., Alabastro, E. Histamine content of smoke-dired frigate mackerel. FAO Fisheries Report No:217, 348-354, 1984.
27. Egan, A.F., Shay, B.J. Significance of Lactobacillus and film permeability in the spoilage of vacuum packed beef. J. Food Sci., 1982; 47, 1119-1126.