

Hayvansal Gıdalarda Bulunan *Listeria monocytogenes*'in Yüksek Hidrostatik Basınç Altında Yaşam Eğrilerinin Tanımlanması Üzerine Bir Derleme

Sencer BUZRUL ¹ 

¹ Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu (TAPDK), TR-06520 Söğütözü, Ankara - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2013-9945

Özet

Son yirmi yılda, ısı olmayan teknolojiler geliştirilmiş ve bu teknolojilerden yüksek hidrostatik basınç (YHB) gıda sanayinde şimdiden uygulama alanı bulmuştur. Çalışmalar göstermektedir ki YHB işlemi hayvansal gıdalarda bulunan *Listeria monocytogenes*'i başarı ile etkisizleştirebilmektedir. Uzun yıllardır gıdalardaki mikroorganizmaların yaşam eğrilerini tanımlamakta kullanılan doğrusal modelin hem ısı hem de ısı olmayan işlemler için bir kuraldan çok istisna olduğu halihazırda bilinmektedir. Sütte, peynirde, tavuk, hindi ve dana etinde bulunan ve YHB uygulanmış *L. monocytogenes*'in yaşam eğrilerinin dikkatlice incelenmesi göstermiştir ki hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yaşam eğrilerini gözlemek mümkündür. Doğrusal olmayan yaşam eğrileri omuzlu, kuyruklu, iki evreli, dış bükey, iç bükey ve S biçiminde görülmektedir. Bu makalenin amacı YHB uygulanmış ve hayvansal gıdalarda bulunan *L. monocytogenes*'in etkisizleştirilmesini tanımlamak için önerilen matematiksel modelleri değerlendirmektir. Bu modellerin değişkenlerinin varsa biyolojik veya matematiksel anlamları da açıklanacak ve değişik şekillerdeki yaşam eğrileri için hangi model veya modellerin kullanılabileceği de ayrıca tartışılacaktır.

Anahtar sözcükler: Yüksek hidrostatik basınç, *Listeria monocytogenes*, Matematiksel modeller

A Review on Describing the Survival Curves of *Listeria monocytogenes* in Foods of Animal Origin under High Hydrostatic Pressure

Summary

In the last two decades, non-thermal technologies have been proposed and some of these technologies such as high hydrostatic pressure (HHP) have already found application in the food industry. Studies have shown that HHP treatment could successfully be used to inactivate *Listeria monocytogenes* in foods of animal origin. It is already known that linear model, that is being used for many years to describe the survival curves of microorganisms in foods, is an exception rather than the rule for both thermal and non-thermal treatments. A careful inspection of survival curves of HHP-treated *L. monocytogenes* in milk, cheese, chicken, turkey and beef meat indicated that it is possible to observe both linear and non-linear survival curves. Non-linear curves are in the form of shoulder, tailing, biphasic, convex, concave and sigmoid. This manuscript aims to review the mathematical models proposed to describe the inactivation of HHP-treated *L. monocytogenes* in foods of animal origin. If it exists the biological or mathematical meanings of the parameters of these models will also be explained and further use of the models for different types of survival curves will also be discussed.

Keywords: High hydrostatic pressure, *Listeria monocytogenes*, Mathematical models

GİRİŞ

Günümüzde tüketiciler doğal veya az işlem görmüş ve katkı maddesi içermeyen gıdaları tercih etmektedirler ^[1]. Geleneksel ısı işlemler gıdaların raf ömrünün uzamasını ve mikrobiyal açıdan güvenilirliğinin artmasını sağlarken, gıdalarda besin, vitamin ve renk kaybına veya değişimine neden olabilmektedir ^[2,3]. Gıdaların özelliklerinin geliştiril-

mesinde ve muhafazasında kullanılan katkı maddelerinin bir kısmının ise insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunabilmektedir ^[4].

Gıda sanayinde son 50 yılda yaşanan gelişmeler ve günümüz tüketicilerinin talep ettikleri gıda ürünlerini



İletişim (Correspondence)



+90 312 2180438



sencer.buzrul@tapdk.gov.tr; sencer.buzrul@gmail.com

ortaya çıkarma çabası yeni teknolojilerin araştırılmasına neden olmuştur. Bu teknolojilerin en başında geleni ve belki de en yaygın kullanım sahası olan Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) uygulamasıdır [5].

YHB ambalajlanmış gıda maddelerini çevreleyen sıvıyı (genellikle su) sıkıştırma esasına dayalıdır ve gıda sanayinde uygulanan basınç değeri genellikle 4000 ile 6000 atmosfer [400 ile 600 MegaPaskal (MPa)] arasındadır. Günümüzde YHB birçok ülkede [Japonya, İspanya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Fransa, Çek Cumhuriyeti v.s.] yasal olarak kullanılmakta olup YHB uygulanmış gıdalar marketlerdeki yerlerini almış bulunmaktadır [6,7]. Bu gıdaların yaklaşık üçte birini et ve et ürünleri oluşturmaktadır. YHB uygulanmış et ve et ürünlerini genellikle yenmeye hazır etler ve kurutulmuş-tütsülenmiş et ürünleri oluşturmaktadır [8,9].

L. monocytogenes gram pozitif, fakültatif ve intraselüler bir bakteridir [10]. *L. monocytogenes*'in çok yaygın dağılımı nedeniyle; üretim, işleme ve dağıtım aşamalarında gıdalar sıklıkla kontaminasyona maruz kalmaktadır. *L. monocytogenes* çığ ve işlenmiş süt ve ürünleri, et ve ürünleri ile diğer bazı gıdalarda tespit edilmiştir [11]. ABD'de tüketime hazır kırmızı et ve kanatlı eti ürünlerinin *L. monocytogenes* açısından en riskli grubu oluşturduğu vurgulanmıştır. Türkiye'de ise tüketime hazır ürünlerde (kanatlı karkası, çığ kanatlı eti gibi) *L. monocytogenes* için sıfır tolerans istenmektedir [12].

YHB uygulamasının en önemli özelliği ısısıl işlemin gıdalarda meydana getirdiği tahribatı gerçekleştirilmeden mikroorganizmaları etkisiz hale getirmesidir [13,14]. Uygulanan basınç seviyesi mikroorganizmaların morfolojisi, hücre duvarları ve hücre zarları, genetik mekanizmaları ve biyokimyasal tepkimeleri üzerinde önemli değişimlere yol açmaktadır [15-19]. YHB uygulamasıyla birlikte, hücre zarı geçirgenliği artmakta, hücre içi bileşenleri parçalanmakta, hücrede enerji üreten tepkimeler gerçekleşmemekte, hücre büyümesi için gerekli enzimler etkisizleşmekte ve büyüme için gerekli olan pH aralığı azalmaktadır [4,20-24].

Nicel gıda mikrobiyolojisi kavramı 1980'lerden günümüze gıda mikrobiyolojisinin en gözde konularından biri olmuştur. En basit ve yalın tanımıyla nicel mikrobiyoloji, mikroorganizmaların büyümesinin, hayatta kalmasının ve etkisizleştirilmesinin matematiksel modellerle tanımlanmasıdır [25-27]. Hangi ölümcül işlem (ısı, yüksek basınç, antimikrobiyal madde vs) söz konusu olursa olsun gıdalardaki mikroorganizmaların etkisizleştirme kinetiği genellikle doğrusal model kullanılarak tanımlanmaya çalışılır. Gıda sanayinde doğrusal model 90 yılı aşkın bir süredir başarıyla kullanılmaktadır. Konserve sanayindeki etkileyici güvenilirlik kayıtları bu modelin doğruluğunu tartışılmaz hale getirmiştir [28]. Bu model sürekli olarak eleştirilmesine rağmen bu eleştirilerin model üzerinde çok az etkisi olmuştur. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar göstermektedir ki gıda sanayindeki bu başarı doğrusal modelin değil uygulanan ölümcül işlemin başarısıdır. Şöyle ki gıdalar olması gerekenden fazla işlenmekte ve bu da bir

takım sıkıntılara yol açmaktadır [29,30].

Doğrusal/doğrusal olmayan matematiksel modeller ve gıdalardaki mikroorganizmaların etkisizleştirilmesi için şunlar söylenebilir:

Ölümcül işlem uygulanan birçok mikroorganizmanın yaşam eğrileri açıkça doğrusal değildir. Dolayısıyla bu deneysel verileri bir doğruyla tanımlamaya çalışmak gerçek yaşam eğrisini gizlemek anlamına gelmektedir.

Mikroorganizmaların deneysel olarak etkisizleştirilmesi genellikle, uygulama olarak, 6-8 log azalmayla gösterilir. Bunun 4-6 log ötesini bir modelin doğru olduğu varsayımıyla (geleneksel modelde olduğu gibi) tahmin etmeye çalışmak gıda güvenliği açısından son derece tehlikelidir.

Günümüzde gıda sanayinde kullanılan ısıl işlemlerin gıdalarda aşırı-işlenmeye neden olması dolayısıyla gıdaların besinsel değerlerini ve toplam niteliklerini azaltması tüketicide bazı endişeler doğurmaktadır. Bu endişeleri gidermek aynı zamanda da gıdanın güvenilirliğini sağlayabilmek için doğrusal olmayan yaşam eğrilerini de tanımlayacak daha uygun modellere gerek duyulmaktadır.

Isıl olmayan işlemlere (özellikle YHB teknolojisi) artan bir talep vardır. Bu işlemlerin gıdalardaki güvenilirliğini sağlamak ve ısıl işlemlerle karşılaştırmak için, çoklukla gözlemlenen doğrusallıktan sapmalarla başa çıkabilecek yeni yordamlara ihtiyaç vardır.

Geleneksel (doğrusal) model ilk olarak ortaya çıktığında işlemleri hızlı ve etkin biçimde gerçekleştirecek bilgisayarlar ve yazılımlar henüz üretilmemişti. Günümüzde ise doğrusal olmayan modelleri kullanarak doğrusal olmayan uyumlama çözümlerini yapacak ve türevsel denklemleri çözecek araçlar mevcuttur. Dolayısıyla geçmişte doğru kabul edilen ve kullanılması için uzlaşılan bazı kavramların günümüzde de aynı şekilde geçerli olması için hiçbir neden yoktur.

Bu derlemenin amacı YHB uygulanmış ve hayvansal gıdalarda bulunan *Listeria monocytogenes*'in etkisizleştirilmesini tanımlamak için önerilen matematiksel modelleri değerlendirmektir. Bu modellerin değişkenlerinin varsa anlamları da açıklanacak ve değişik şekillerdeki yaşam eğrileri için hangi model veya modellerin kullanılabileceği de okuyucuya aktarılacaktır.

LISTERIA MONOCYTOGENES'İN YAŞAM EĞRİLERİ

YHB uygulanmış *Listeria monocytogenes* için 6 farklı yaşam eğrisi gözlemlenmiştir:

1. Doğrusal

Genel ve gıda mikrobiyoloji kitaplarına göre, mikrobiyal

etkisizleştirme geleneksel olarak doğrusal modellerle tanımlanmaktadır. Dolayısıyla basit bir hız sabiti (k) ya da bunun çarpımsal tersi (D -değeri) uygulanan YHB işlemine karşılık mikroorganizmaların gösterdiği direncin ölçütü olarak kullanılır [Denklem (1)]^[28,31,32].

$$\log_{10} S(t) = -kt \quad (1)$$

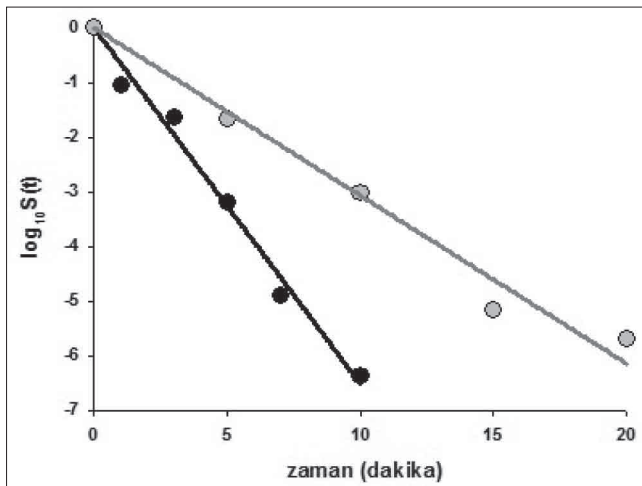
Burada $S(t)$ hayatta kalma oranı yani t zamanındaki mikroorganizma sayısının [$N(t)$] başlangıçtaki mikroorganizma sayısına (N_0) bölümüdür ($S(t) = N(t)/N_0$). Yukarıda da bahsedildiği üzere k hız sabiti olup birimi 1/zaman'dır (D değeri ise sabit bir basınç değerinde mikroorganizma sayısını %90 azaltmak için gereken süredir).

Şekil 1'de YHB uygulanmış sütte ve peynirde bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem 1 ile tanımlanmaları gösterilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı gibi doğrusal (geleneksel) model YHB uygulanmış süt ve peynirde bulunan *L. monocytogenes* yaşam eğrilerini başarı ile tanımlamaktadır.

2. Omuzlu

Yaşam eğrileri omuz şekline benzediği için bu şekilde isimlendirilirler. Bu tür yaşam eğrilerinde belli bir zamana kadar YHB işleminin etkisi yoktur. Diğer bir deyişle belli bir zamana kadar mikroorganizma sayısında bir değişiklik olmaz ya da çok az sayıda mikroorganizma ölür. Belli bir zamandan sonra ise doğrusal bir azalma [Denklem (1)] söz konusudur.

Bu tür verileri 2 ayrı model kullanarak tanımlamak mümkündür:



Şekil 1. Tam yağlı UHT sütte bulunan *Listeria monocytogenes* NCTC 10527'nin 550 MPa, 25°C'deki yaşam verilerine (siyah daireler) denklem (1)'in uygulananlığı (siyah çizgi). Özgün veriler Amina ve ark.'ndan^[33] alınmıştır. Çiğ süt peynirinde bulunan *Listeria monocytogenes* Scott A'nın 300 MPa, 25°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem 1'in uygulananlığı (gri çizgi). Özgün veriler Shao ve ark.'ndan^[34] alınmıştır

Fig 1. Survival data (black circles) of *Listeria monocytogenes* NCTC 10527 in UHT whole milk at 550 MPa, 25°C fitted with Eq.(1) (black line). Original data are from Amina et al.^[33] Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* Scott A in raw milk cheese at 300 MPa, 25°C fitted with Eq.(1) (gray line). Original data are from Shao et al.^[34]

Kesikli model ("Eğer" ifadesi kullanılarak)^[35]

$$\text{Eğer } t \leq t_i \quad \log_{10} S(t) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Eğer } t > t_i \quad \log_{10} S(t) = -k(t - t_i)$$

Burada t_i inaktivasyonun başladığı zaman olup k hız sabitidir (1/zaman). Görüldüğü gibi bu model doğrusal modelin aynısı olup doğrunun gözlemlenmesi t_i kadar gecikmeyle gerçekleşmektedir.

Sürekli model^[36]

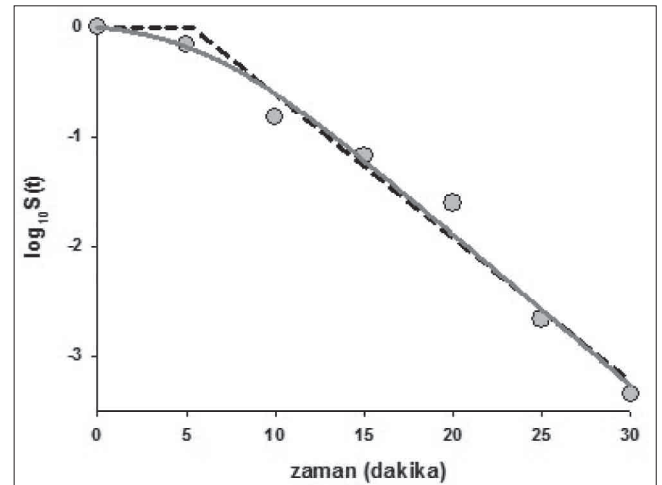
$$\log_{10} S(t) = -\frac{kt}{\ln 10} \left(\frac{e^{kS}}{1 + (e^{kS} - 1)e^{-kt}} \right) \quad (3)$$

Burada k hız sabiti (1/zaman), S ise omuz kısmının sona erdiği zamandır.

Şekil 2'de YHB uygulanmış pişmiş tavuk kıymasında bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem (2) ve (3) ile tanımlanması gösterilmiştir. Her iki modelin de iki değişkeni (kesikli modelde k ve t_i sürekli model de ise k ve S) bulunmaktadır ve **Şekil 2**'de görüldüğü gibi her iki model de veriye hemen hemen aynı uygunluğu göstermektedir. Dolayısıyla omuzlu yaşam eğrileri her iki model kullanılarak tanımlanabilir.

3. İki Evreli

İki evreli modeller bir anakitledeki mikroorganizmaların uygulanan YHB işlemine değişik hassasiyetler gösterdiği varsayımına dayanır. Mikroorganizmalar "basınca karşı hassas" ve "basınca karşı dayanıklı" olarak değerlendirilir. Hassas mikroorganizmalar kolayca ve önce ölür. Dayanıklı



Şekil 2. Pişmiş tavuk kıymasında bulunan *Listeria monocytogenes* Lm1'in 375 MPa, yaklaşık 18°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (2)'nin (kesikli siyah çizgi) ve denklem (3)'ün (gri çizgi) uygulananlığı. Özgün veriler Simpson ve Gilmour'dan^[37] alınmıştır. Denklem (2) ve (3) verilere neredeyse aynı uyumu göstermiştir

Fig 2. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* Lm1 in cooked chicken mince at 375 MPa, about 18°C fitted with Eq.(2) (dashed black line) and Eq.(3) (gray line). Original data are from Simpson and Gilmour^[37]. Eq.(3) and (4) produced almost the same fit to the data

olanları ise öldürmek daha zordur. Her iki evreyi de değişik hız sabitlerine sahip iki doğrusal modelle tanımlamak mümkündür.

Bu tür veriler de tıpkı omuzlu eğrilerde olduğu gibi kesikli ve sürekli 2 ayrı modelle tanımlanabilir:

A. Kesikli model ("Eğer" ifadesi kullanılarak) [38]

$$\text{Eğer } t \leq t_e \log_{10} S(t) = -k_1 t \quad (4)$$

$$\text{Eğer } t > t_e \log_{10} S(t) = -k_1 t_e - k_2 (t - t_e)$$

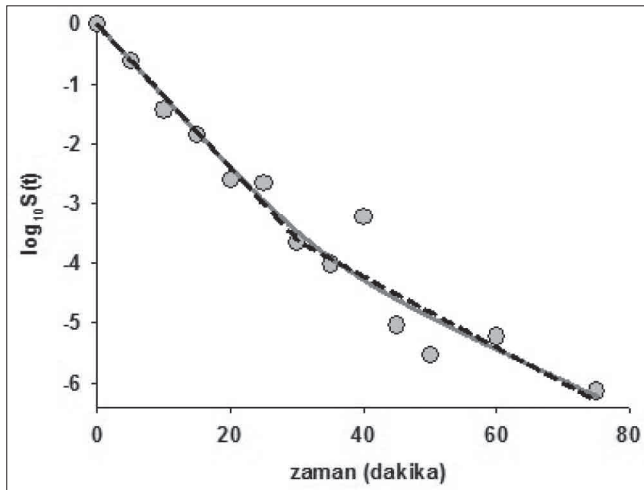
Burada t_e birinci evreden ikinci evreye geçiş zamanı olup k_1 birinci evrenin (hassas mikroorganizmaların) hız sabiti (1/zaman), k_2 ise ikinci evrenin (dayanıklı mikroorganizmaların) hız sabitidir (1/zaman). Görüldüğü gibi bu model iki farklı eğime dolayısıyla iki farklı hız sabitine sahip iki doğrusal modelin birleştirilmiş halidir.

B. Sürekli model [39]

$$\log_{10} S(t) = \log_{10}(f e^{-k_1 t} + (1-f) e^{-k_2 t}) \quad (5)$$

Burada f anakitledeki hassas üyelerin oranıdır [(1-f) ise dayanıklı üyelerin oranıdır] k_1 tıpkı kesikli modelde olduğu gibi birinci evrenin (hassas mikroorganizmaların) hız sabiti (1/zaman), k_2 ise ikinci evrenin (dayanıklı mikroorganizmaların) hız sabitidir (1/zaman).

Şekil 3'te YHB uygulanmış sulu peynir altı suyu proteini süspansiyonunda bulunan *Listeria monocytogenes* OSY-8578'in Denklemler (4) ve (5) ile tanımlanması gösterilmiştir. Her iki modelin de üç değişkeni (kesikli modelde k_1 , k_2 ve t_e sürekli modelde ise k_1 , k_2 ve f) bulunmaktadır ve Şekil 3'te görüldüğü



Şekil 3. Sulu peynir altı suyu proteini süspansiyonunda bulunan *Listeria monocytogenes* OSY-8578'in 345 MPa, 20°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (4)'ün (kesikli siyah çizgi) ve denklem (5)'in (gri çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Doona ve ark.'ndan [40] alınmıştır. Denklem (4) ve (5) verilere neredeyse aynı uyumu göstermiştir

Fig 3. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* OSY-8578 in aqueous whey protein suspension at 345 MPa, 20°C fitted with Eq.(4) (dashed black line) and Eq.(5) (gray line). Original data are from Doona et al. [40] Eq.(4) and (5) produced almost the same fit to the data

gibi her iki model de veriye tamamen aynı uygunluğu göstermektedir (modeller üst üste çakışmaktadır). Dolayısıyla iki evreli yaşam eğrileri her iki model kullanılarak tanımlanabilir.

4. Kuyruklu

Yaşam eğrileri kuyruk şekline benzediği için bu şekilde isimlendirilirler. YHB uygulanarak etkisizleştirilen mikroorganizmaların belli bir süre sonra (uygulanan işlem zamanı ne kadar artırılsa artırılsın) inaktivasyon miktarında bir değişiklik olmaz [41].

$$\log_{10} S(t) = -\frac{at}{b+t} \quad (6)$$

Burada a azami inaktivasyon miktarı (veya hayatta kalma oranı), b ise inaktivasyon değerinin $a/2$ olduğu zamandır.

Şekil 4'te YHB uygulanmış pişmiş dana kıymasında bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem (6) ile tanımlanması gösterilmiştir.

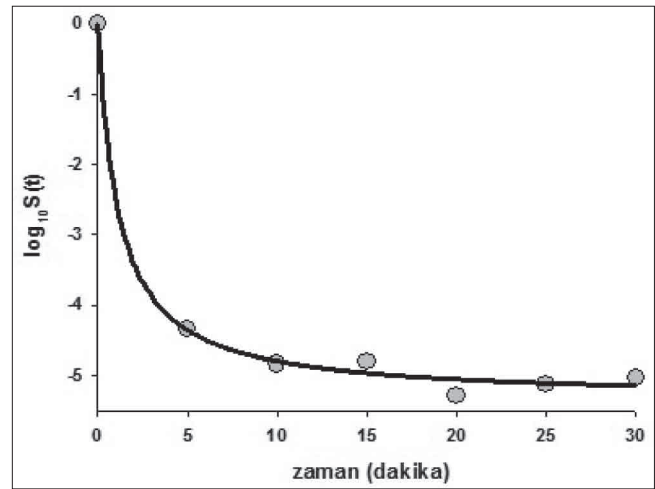
5. İç ve Dış Bükey

İç ve dış bükey yaşam eğrileri aynı modelle [Weibull modeli - Denklem (7)] tanımlanabilir [42,43].

$$\log_{10} S(t) = -bt^n \quad (7)$$

Burada b hız sabiti (1/zaman), n ise şekil değişkenidir; eğer birden büyükse ($n > 1$) yaşam eğrisi dış bükey, birden küçükse ($n < 1$) iç bükeydir. Şekil değişkeninin bir olduğu durumlarda ($n = 1$) ise Weibull modeli [Denklem (7)] doğrusal modele [Denklem (1)] dönüşmektedir [44].

Şekil değişkeni (n) kullanılarak biyolojik bir bağlantı yapmak mümkündür: $n > 1$ YHB işlemi ile etkisizleştirile-

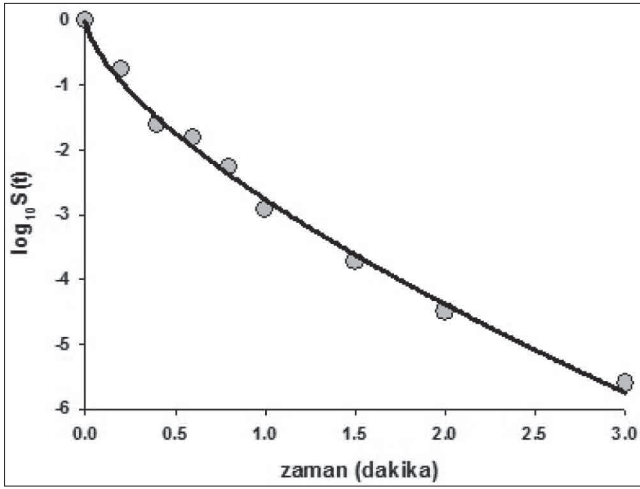


Şekil 4. Pişmiş dana kıymasında bulunan *Listeria monocytogenes* Lm1'in 375 MPa, 45°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (6)'nın (siyah çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Simpson ve Gilmour'dan [37] alınmıştır

Fig 4. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* Lm1 in cooked beef mince at 375 MPa, 45°C fitted with Eq.(6) (black line). Original data are from Simpson and Gilmour [37]

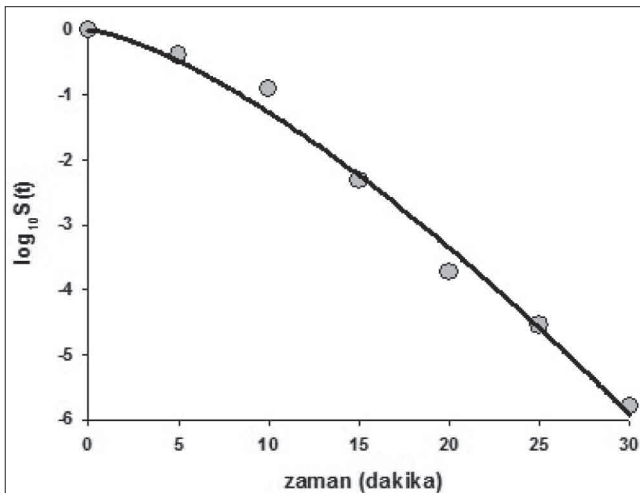
meyan hücrelerin zaman geçtikçe daha kolay hasara uğrayabileceklerini, $n < 1$ ise ölümcül işleme karşı daha hassas olan organizmaların ölüp geriye kalan dayanıklı hücrelerin ölümcül işleme karşı uyum sağlayarak etkisizleştirmenin bu canlılar için daha zor olabileceğini ifade eder. $n = 1$ olduğu durumlarda bir anakitledeki bütün canlıların zamandan bağımsız eşit ölme olasılığı vardır (tıpkı doğrusal modelde olduğu gibi) [42].

Şekil 5'te YHB uygulanmış hindi göğüs etinde bulunan; Şekil 6'da ise YHB uygulanmış çiğ tavuk kıymasında bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem (7) ile tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 5. Hindi göğüs etinde bulunan beş suşluk karışım *Listeria monocytogenes*'in (PSU1, PSU2, PSU9, PSU21 ve ATCC 19115) 400 MPa, 50°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (7)'nin (siyah çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Chen'den [45] alınmıştır

Fig 5. Survival data (gray circles) of five strain cocktail of *Listeria monocytogenes* (PSU1, PSU2, PSU9, PSU21 and ATCC 19115) in turkey breast meat at 400 MPa, 50°C fitted with Eq.(7) (black line). Original data are from Chen [45]



Şekil 6. Çiğ tavuk kıymasında bulunan *Listeria monocytogenes* Lm1'in 375 MPa, yaklaşık 18°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (7)'nin (siyah çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Simpson ve Gilmour'dan [37] alınmıştır

Fig 6. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* Lm1 in raw chicken mince at 375 MPa, about 18°C fitted with Eq.(7) (black line). Original data are from Simpson and Gilmour [37]

6. "S" Biçiminde

Yaşam eğrileri "S" biçimindedir ve üç değişkenli iki farklı modelle tanımlanabilir:

A. İç bükey başlayıp dış bükey biten [46]

$$\log_{10} S(t) = -\frac{at}{(1+bt)(c-t)} \quad (8)$$

Burada a ve b birimi 1/zaman, c ise birimi zaman olan değişkenlerdir.

Şekil 7'de YHB uygulanmış sütte bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem (8) ile tanımlanması gösterilmiştir.

B. Dış bükey başlayıp iç bükey biten [48]

Bu tür eğrileri Gompertz denklemi [Denklem (9)] ile tanımlamak mümkündür.

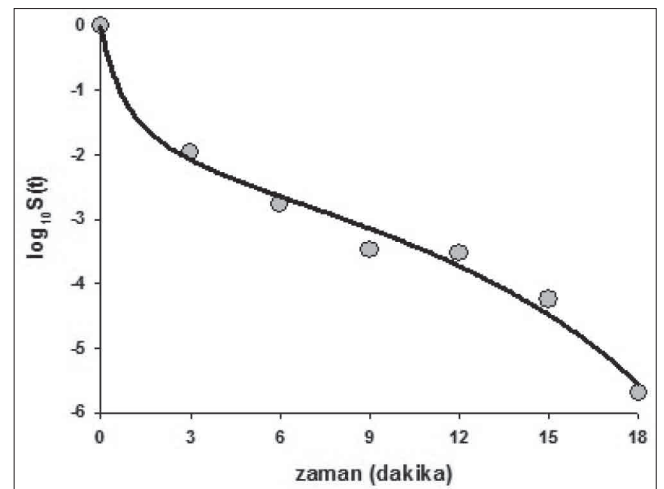
$$\log_{10} S(t) = A \exp[-\exp(kti)] - A \exp[-\exp(-k(t-t_i))] \quad (9)$$

Burada A azami inaktivasyon miktarı (veya hayatta kalma oranı), k hız sabiti, t_i ise inaktivasyonun en hızlı olduğu zamandır.

Şekil 8'de YHB uygulanmış sütte bulunan *L. monocytogenes*'in Denklem (9) ile tanımlanması gösterilmiştir.

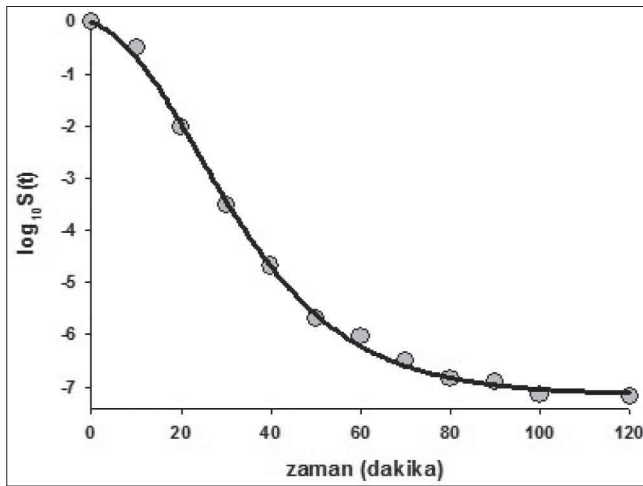
SONUÇ

Gıdalardaki mikroorganizmaları etkisizleştirmek için kullanılan ölümcül işlem ne olursa olsun (ısı, yüksek basınç, antimikrobiyal madde v.s.) veya hangi mikro-



Şekil 7. Tam yağlı UHT sütte bulunan *Listeria monocytogenes* ATCC 19115'in 400 MPa, 43°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (8)'in (siyah çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Mishra ve ark.'ndan [47] alınmıştır

Fig 7. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 in UHT whole milk at 400 MPa, 43°C fitted with Eq.(8) (black line). Original data are from Mishra et al. [47]



Şekil 8. Tam yağlı UHT sütte bulunan *Listeria monocytogenes* Scott A'nın 400 MPa, 22°C'deki yaşam verilerine (gri daireler) denklem (9)'un (siyah çizgi) uygulanışı. Özgün veriler Chen ve Hoover'dan alınmıştır^[49]

Fig 8. Survival data (gray circles) of *Listeria monocytogenes* Scott A in UHT whole milk at 400 MPa, 22°C fitted with Eq.(9) (black line). Original data are from Chen and Hoover^[49]

organizma söz konusu olursa olsun (hastalık yapıcı bakteri, spor, bakteriyofaj v.s.) doğrusal olmayan yaşam eğrilerini gözlemlemek kaçınılmazdır. Bu çalışmada da YHB uygulanmış ve hayvansal gıdalarda bulunan *L. monocytogenes*'in 7 farklı yaşam eğrisinin 9 farklı model kullanarak tanımlanması gösterilmiştir. Bu modeller YHB dışında başka bir ölümcül işlem için veya *L. monocytogenes* dışında başka bir mikroorganizma için rahatlıkla kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Buzrul S:** High hydrostatic pressure treatment of beer and wine: A review. *Innov Food Sci Emer Technol*, 13, 1-12, 2012.
- Buzrul S, Alpas H:** Modeling the synergistic effect of high pressure and heat on the inactivation kinetics of *Listeria innocua*: A preliminary study. *FEMS Microbiol Lett*, 238, 29-36, 2004.
- Buzrul S, Alpas H, Bozoglu F:** Use of Weibull frequency distribution model to describe the inactivation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* by high pressure at different temperatures. *Food Res Int*, 38, 151-157, 2005.
- Zorba Ö, Kurt Ş:** Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. *YYÜ Vet Fak Derg*, 16, 71-76, 2005.
- Norton T, Sun D-W:** Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food Bioprocess Technol*, 1, 2-34, 2008.
- Buzrul S, Alpas H, Largeteau, A, Demazeau, G:** Modeling high pressure inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in whole milk. *Eur Food Res Technol*, 227, 443-448, 2008.
- Erkan N, Üretener G, Alpas H, Selçuk A, Özden Ö, Buzrul S:** Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on physicochemical properties of horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Food Bioprocess Technol*, 4, 1322-1329, 2011.
- Campus M:** High pressure processing of meat, meat products and seafood. *Food Eng Rev*, 2, 256-273, 2010.
- Buzrul S, Alpas H:** Treatment of foods using high hydrostatic pressure. In, Bhat R, Karim Alias A, Paliyath G (Eds): Progress in Food Preservation, 375-388, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2012.
- Gazyağcı S, Yıldırım M, Babür C, Kılıç S:** Ankara yöresindeki koç ve

koyunlarda *Listeria monocytogenes*'e karşı oluşan antikorların varlığının araştırılması. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 15, 975-977, 2009.

- Güner A, Atasever M, Aydemir Atasever M:** Yeni ortaya çıkan ve tekrar önem kazanan gıda kaynaklı bakteriyel patojenler. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 18, 889-898, 2012.
- Yalçın H, Arslan A:** *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* ile kontamine edilmiş broyler karkaslarında laktik asit, cetylpyridinium chloride ve trisodyum fosfat'ın tekil ve kombine etkilerinin incelenmesi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 17, 625-630, 2011.
- Farr D:** High pressure technology in the food industry. *Trends Food Sci Technol*, 1, 14-16, 1990.
- Johnston DE:** High pressure - A new dimension to food processing. *Chem Ind*, 13, 499-501, 1994.
- Ludwig H, Schreck C:** The inactivation of vegetative bacteria by pressure. In, Heremans K (Ed): High Pressure Research in the Bioscience and Biotechnology. Leuven Univ. Press, Leuven, Belgium, pp.221-224, 1997.
- Kalchayanand N, Sikes A, Dunne CP, Ray B:** Interaction of hydrostatic pressure, time and temperature of pressurization and pediocin AcH on inactivation of foodborne bacteria. *J Food Prot*, 61, 425-431, 1998.
- Farkas DF, Hoover DG:** High Pressure Processing. In, Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. *J Food Sci*, (Special Suppl): 47-64, 2000.
- Kato M, Hayashi R, Tsuda T, Taniguchi K:** High pressure- induced changes of biological membrane. Study on the membrane-bound Na⁺/K⁺-ATPase as a model system. *Eur J Biochem* 269, 110-118, 2002.
- Russell NJ:** Bacterial membranes: The effects of chill storage and food processing: An overview. *Int J Food Microbiol*, 79, 27-34, 2002.
- Marquis RE, Bender GR:** Barophysiology of prokaryotes and proton-translocating ATPases. In, Jannisch HW, Marquis RE, Zimmermann AM (Eds): Current Perspectives in High Pressure Biology. Academic Press. London. pp.65-73, 1987.
- Hoover DG, Metrick C, Papineau AM, Farkas DF, Knorr D:** Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technol*, 43, 99-107, 1989.
- Cheftel JC:** High pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Sci Technol*, 1, 75- 90, 1995.
- Mackey BM, Forestiere K, Isaacs N:** Factors affecting the resistance of *Listeria monocytogenes* to high hydrostatic pressure. *Food Biotechnol*, 9, 1-11, 1995.
- Butz P, Tauscher B:** Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Res Int*, 35, 279-284, 2002.
- Buchanan RL:** Predictive food microbiology. *Trends Food Sci Technol*, 4, 6-11, 1993.
- Skinner GE, Larkin JW:** Mathematical modeling of microbial growth: A review. *J Food Safety*, 14, 175-217, 1994.
- McMeekin T, Brown J, Krist K:** Quantitative microbiology: A basis for food safety. *Emer Infect Dis*, 3, 541-549, 1997.
- Buzrul S:** Gıdalarda etkisizleştirilen mikroorganizmaların tanımlanması 1: Doğrusal taslam ve eksiklikleri. *Dünya Gıda Derg*, 8, 61-64, 2007.
- van Boekel MAJS:** On the use of the Weibull model to describe thermal inactivation of microbial vegetative cells. *Int J Food Microbiol*, 74, 139-159, 2002.
- Campanella OH, Peleg M:** Theoretical comparison of a new and the traditional method to calculate *Clostridium botulinum* survival during thermal inactivation. *J Sci Food Agric*, 81, 1069-1076, 2001.
- Buzrul S, Alpas H:** Modeling inactivation kinetics of food borne pathogens at a constant temperature. *LWT - Food Sci Technol*, 40, 632-637, 2007.
- Buzrul S:** A suitable model of microbial survival curves for beer pasteurization. *LWT - Food Sci Technol*, 40, 1330-1336, 2007.
- Amina M, Kodogiannis VS, Petrounias IP, Lygouras JN, Nychas G-JE:** Identification of the *Listeria monocytogenes* survival curves in UHT

whole milk utilising local linear wavelet neural networks. *Expert Sys Appl*, 39, 1435-1450, 2012.

- 34. Shao Y, Ramaswamy HS, Zhu, S:** High-pressure destruction kinetics of spoilage and pathogenic bacteria in raw milk cheese. *J Food Process Eng*, 30, 357-374, 2007.
- 35. Peleg M:** Microbial survival curves - The reality of flat shoulders and absolute thermal death times. *Food Res Int*, 33, 531-538, 2000.
- 36. Geeraerd AH, Herremans CH, Van Impe JF:** Structural model requirements to describe microbial inactivation during a mild heat treatment. *Int J Food Microbiol*, 59, 185-209, 2000.
- 37. Simpson RK, Gilmour A:** The resistance of *Listeria monocytogenes* to high hydrostatic pressure in foods. *Food Microbiol*, 14, 567-573, 1997.
- 38. Corradini MG, Normand MD, Peleg M:** Modeling non-isothermal heat inactivation of microorganisms having biphasic isothermal survival curves. *Int J Food Microbiol*, 116, 391-399, 2007.
- 39. Cerf O:** A review. Tailing of survival curves of bacterial spores. *J Appl Bacteriol*, 42, 1-19, 1977.
- 40. Doona CJ, Feeherry FE, Ross EW, Kustin K:** Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* by high-pressure processing: Pressure and temperature variation. *J Food Sci*, 77, M458-465, 2012.
- 41. Peleg, M:** Advanced quantitative microbiology for foods and biosystems: Models for predicting growth and inactivation. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2006.
- 42. Peleg M, Cole MB:** Reinterpretation of microbial survival curves. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 38, 353-380, 1998.
- 43. Buzrul S:** Modeling and predicting the high pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods. *Int J Food Eng*, 8, Art. no. 3, 2012.
- 44. Avsaroglu MD, Buzrul S, Alpas H, Akcelik M, Bozoglu F:** Use of the Weibull model for lactococcal bacteriophage inactivation by high hydrostatic pressure. *Int J Food Microbiol*, 108, 78-83, 2006.
- 45. Chen H:** Temperature-assisted pressure inactivation of *Listeria monocytogenes* in Turkey breast meat. *Int J Food Microbiol*, 117, 55-60, 2007.
- 46. Peleg M:** Calculation of the nonisothermal inactivation patterns of microbes having sigmoidal isothermal semilogarithmic survival curves. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 43, 645-658, 2003.
- 47. Mishra N, Puri VM, Demirci A:** Inactivation and injury of *Listeria monocytogenes* under combined effect of pressure and temperature in UHT whole milk. *J Food Process Eng*, 36, 374-384, 2013.
- 48. Linton RH, Carter WH, Pierson MD, Hackney CR:** Use of modified Gompertz equation to model non-linear survival curves for *Listeria monocytogenes* Scott A. *J Food Prot*, 9, 946-954, 1995.
- 49. Chen H, Hoover DG:** Modeling the combined effect of high hydrostatic pressure and mild heat on the inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* Scott A in whole milk. *Innov Food Sci Emer Technol*, 4, 25-34, 2003.