

The Modeling of Psychotropic Bacteria Affecting Milk Products

Özlem Orhan

Department of Engineering Basic Sciences, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyediy Eylöl
University, Bandırma, Balıkesir / Turkey

Abstract: In this study, the effects of psychrotroph bacteria on milk processing will be examined. It is known that the amount of bacteria population in milk and the properties of these bacteria during raw milk processing affect the shelf life and quality of milk. Since raw milk is stored in the cold before processing, the population of psychrotrophic bacteria is increasing and these bacteria produce enzymes that cause spoilage in milk and dairy products, so they cause economic losses as they cause spoilage in milk, and the population of these bacteria must be kept under control to prevent these economic losses. In order to keep the population of these bacteria under control, information about the growth rates should be obtained, and using the predictive microbiology science, an idea about the growth rate of the bacteria can be obtained. In this study, lactic acid bacteria belonging to the psychrotrophic bacteria group will be examined and in order to determine the growth rate of lactic acid bacteria, these bacteria will be modeled with modified Gompertz model and maximum bacteria growth rate of these bacteria will be obtained.

Keywords: Predictive microbiology, psychotropic bacteria, lactic acid bacteria, Gompertz Model.

Süt Ürünlerini Etkileyen Psikrotrof Bakterilerin Modellenmesi

Özet: Bu çalışmada, psikrotrof bakterilerin sütün işleme esnasındaki etkileri incelenecektir. Sütün içindeki bakteri popülasyonunun miktarı ve çiğ sütün işlenmesi sırasında bu bakterilerin sergiledikleri özelliklerin, sütün raf ömrünü ve kalitesini etkilediği bilinmektedir. Çiğ süt işlenmeden önce soğukta saklandığından dolayı psikrotrof bakterilerin popülasyonu artmaktadır ve bu bakteriler süt ve süt ürünlerinde bozulmaya neden olan enzimler üretirler, bu nedenle bu bakteriler sütte bozulmalara sebep oldukları için ekonomik kayıplara sebep olurlar, bu ekonomik kayıpları önlemek için bu bakterilerin popülasyonu kontrol altında tutulmalıdır. Bu bakterilerin popülasyonunu kontrol altında tutabilmek için büyüme hızları hakkında bilgi edinilmelidir, prediktif mikrobiyoloji bilim dalı kullanılarak bakterilerin büyüme hızı hakkında fikir sahibi olunabilir. Bu çalışma kapsamında, psikrotrof bakteriler grubuna giren laktik asit bakterileri incelenecek ve laktik asit bakterilerinin büyüme hızını belirleyebilmek için bu bakteriler modifiye edilmiş Gompertz modeli ile modellenecek ve bu bakterilerin maksimum bakteri büyüme hızı elde edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Prediktif mikrobiyoloji, psikrotrof bakteriler, laktik asit bakterileri, Gompertz Modeli.

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Özlem Orhan, 'The Modeling of Psychotropic Bacteria Affecting Milk Products', Elec Lett Sci Eng , vol. 15(3) , (2019), 95-100

1. Giriş

Mikroorganizmalar, günlük yaşantımızın hemen her alanında yer almaktadırlar. İnsanlar günlük yaşamlarında mikroorganizmalarla sürekli iletişim halindedirler. Bu ilişki sonucunda karşılıklı fayda ve zarar ortaya çıkmakta ve insanlar bu iletişimi kendi yararlarına yönelik kullanmak için farklı yollar aramaktadırlar. Farklı yollar bulabilmek ve böylece bu ilişkiden insanların faydalanmasını sağlayabilmek için mikroorganizmaları iyi tanımak, davranışlarını, özelliklerini iyi anlamak, farklı çevre koşulları altında nasıl hareket ettiklerini iyi gözlemlemek gerekmektedir.

Mikroorganizmaları anlamak için kullanılan çeşitli bilim dalları vardır, bunlardan biri prediktif mikrobiyoloji'dir. Değişik çevresel faktörlerin etkisi altında, mikroorganizmaların üreme

Corresponding author; oorhan@bandirma.edu.tr

ISSN 1305-8614 © 2016 dergipark.org.tr/else All rights reserved

hızlarında oluşabilecek değişiklikleri matematiksel yöntemlerle hesaplamaya yarayan bilim dalına prediktif mikrobiyoloji denir [1].

Mikroorganizmaların üreme hızının laboratuvar ortamında hesaplanması uzun zaman alır ve bu hesaplama yüksek maliyetli olur. Bu yüzden, prediktif mikrobiyoloji matematiksel modellerin kullanılarak mikroorganizmaların yaşama biçimlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesini laboratuvar ortamına göre çok daha az zamanda ve maliyetsiz bir şekilde sağladığından iyi bir alternatif yöntemdir.

Prediktif mikrobiyoloji, Esty ve Meyer'in Clostridium botulinum tip a sporlarının dogrusal logaritmik (log) model ile tanımlamasıyla ortaya çıkmıştır [2]. Bu alanda prediktif mikrobiyoloji terimini ilk olarak, Robert ve Jarvis ortaya atmıştır [3] ve sonrasında çok popüler bir bilim dalı haline gelmiştir, bu alanda yapılan birçok çalışma vardır [4-6].

Mikroorganizmalar, bakteriler, mantarlar, protozoalar ve mikroskopik algler ve virüslerden oluşmaktadır. Şimdi en önemli mikroorganizma olan bakterilerin bazı özelliklerini inceleyelim.

2. Bakterilerin Özellikleri

Bakteriler, küçük, mikroskopik, tek hücreli canlılardır. Saprofit veya parazit olarak ayrılırlar ve bazıları hayvansal ve bitkisel organizmalarda hastalık yaparlar.

Geçmiş yıllarda bakterilerin gerçek hücre çekirdekleri olmadığı düşünülmekteydi fakat, daha sonraki araştırmalarda, bakterilerin çekirdeklerinin olduğu gözlemlenmiştir. Bakteriler bölünerek çoğalırlar, bir ana hücreden iki yavru hücre oluşur ve bu hücreler yuvarlak, virgül veya spiral şeklindedir.

Hücre duvarı gram boyası ile mavi renge boyanan bakterilere gram pozitif, boyanmayan bakterilere ise gram negatif bakteri denir. Örnek olarak, insanlarda mide bağırsak enfeksiyonlarına neden olan Enterococcus faecalis bakterisi gram pozitif, beyin zarının iltihaplanmasına yol açan Neisseria meningitidis bakterisi ise gram negatif bir bakteridir.

Birçok farklı türde bakteri vardır, bu türlerden biri psikrotrof bakterilerdir, psikrofil sınırlarında da çoğalabilen, soğuğa dayanıklı, bakterilere psikrotrof bakteriler denir. Bu bakteri türü içerisinde süt ve süt ürünleri bakımından önem teşkil eden bakteriler Pseudomonas generi grubunda yer alırlar. Aslında psikrotrof bakteriler ısıya karşı dayanıksızdır, çiğ süte uygulanan ısıtma işlemi sırasında ölürler fakat salgıladıkları enzimler ısıya dayanıksızdır, bu enzimler süt ürünlerinde bozulmalara neden olurlar.

Bu bakteri grubunda, çoğalma için uygun sıcaklık değişkenlik gösterir. Optimum çoğalma sıcaklığı 25-30 °C olan bu bakteri grubu, 7 °C nin altında da çoğalmaya devam edebilirler ve 43 °C'ye kadar çoğalmalarını sürdürebilirler ve bu sıcaklıktan sonra ölürler. 5.5-7.0 pH aralığında optimum çoğalabildiklerinden yeni sağılan sütlerde hızla çoğalırlar, düşük pH derecelerinde çoğalamadıklarından pastörizasyon işlemi sırasında canlılıklarını yitirirler.

Pseudomonas bakterileri, gıdaların yüzeyinde hızla çoğaldıklarından ve çoğalmaları için gerekli vitaminleri üretebildiklerinden gıdalar için önemlidirler. Özellikle soğukta saklanan gıdalarda bozulmaya neden olurlar. Pseudomonas bakterileri sütte hızla çoğalıp parçalanmalara ve bozulmalara neden olduklarından süütün renginde kokusunda, yapı ve kıvamında birçok değişiklik

meydana gelir ve bu değişiklikler yüzünden çeşitli enfeksiyonlar oluşur. *Pseudomonas aeruginosa* bakterisi bu şekilde enfeksiyona neden olup özellikle 0-3 yaş grubu çocuklarda farklı enfeksiyonlar ortaya çıkarmaktadır.

3. Psikrotrof bakterilerin Süt Ürünleri Üzerindeki Etkileri

Çiğ sütün işlenmesi sırasında mikroorganizma popülasyonunun miktarı sütün raf ömrünü, kalitesini, bozulmasını ve süttten elde edilecek verimi önemli derecede etkilemektedir. Psikrotrof bakterilerin sayısı, soğuk ortamlarda artmaktadır. Çiğ süt işlenmeden önce soğukta saklandığından psikrotrof bakterilerin çoğalması için daha uygun bir ortam oluşmaktadır ve sayıları işlenmeden öncekine göre çoğalmaktadır. Bu bakteriler bozulmaya neden olan enzimler üretmekle birlikte antibiyotiklere karşı direnç gösterirler.

Laktik asit bakterileri, psikrotrof bakteriler grubuna dahildir ve çiğ sütte bozulmalara yol açabilir. Çiğ sütün soğutulması ve soğukta saklanması zorunlu hale getirilmesinden sonra, çiğ sütün bakteriyel özelliklerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir, laktik asit bakterilerinin yol açtığı bozulmalar ortadan kalkmıştır [7-8]. Çiğ süt, düşük sıcaklıklarda depolanırsa mikroorganizma popülasyonunda büyük değişiklikler olmaktadır.

Süt iyi olmayan koşullarda üretildiğinde psikrotrof bakterilerin sayısı diğer mikroorganizma popülasyonuna göre baskınlık göstermektedir [8] ve soğutulmuş sütteki mikroorganizma popülasyonunun %90'nını psikrotrof bakteriler oluşturmaktadırlar [9]. Bununla birlikte, Cempíriková [10] yaptığı çalışmalarla, psikrotrof bakterilerin sayısı ile çiğ süt örneklerinin toplam bakteri sayısı arasında yüksek korelasyon olduğunu belirlemiştir.

Psikrotrof bakteriler, düşük sıcaklıklarda çoğalabilme özelliklerinin yanısıra ısıya dayanıklı enzimler üretebilirler [11]. Süte ısı uygulandıktan sonra da bu enzimler tepkimelerine devam edebilmektedirler ve bu yüzden psikrotrof bakteriler ısı işleminden sonra etkilerini sürdürebilen mikroorganizma türlerindedir, bu özellikleri yüzünden pastörizasyon işleminden sonra da sütte bozulmalara neden olabilecek enzimler sütte kalmaktadır [12-15]. Sütün lezzetinde değişme, süt proteinlerinin pıhtılaşması, serbest yağ ve aminoasitlerin konsantrasyonun artmasıyla sütte bozulmalar meydana gelmektedir.

Bazı süt ürünlerinde ise organik bileşenlerde değişiklikler meydana gelir ve bu değişiklikler bozulmalara neden olurlar [16-18]. Süt ve süt ürünlerinde bozulmaya neden olan psikrotrof bakteriler, patojenik bakteriler değildirler, bu bakteriler antibiyotiklere karşı direnç gösterdiklerinden fırsatçı patojen bakteriler olarak sınıflandırılırlar [19-21].

Psikrotrof bakterilerin, süt ve süt ürünlerinin üzerindeki etkilerini anlayabilmek için bu makalede psikrotrof bakteri türleri olan laktik asit bakterilerinin özellikleri, bozulmalara etkileri ve çoğalma hızı incelenecektir.

Bu bakteriler fizyolojik ve genetik olarak kolay adaptasyon sağladıklarından her yerde bulunurlar [22]. Soğutulmuş süttten bulunan psikrotrof bakteriler gram negatif ve gram pozitif olarak ikiye ayrılır. Laktik asit bakterilerinin dahil olduğu *Pseudomonas* grubu psikrotrof bakterilerin baskın türüdür ve çiğ sütte bulunan gram negatif bakteri popülasyonunun büyük bölümünü oluşturmaktadırlar [24-25]. Ayrıca *Pseudomonas* türleri benzer türlere ait bakteriler içinde en iyi genetik çeşitliliği göstermektedir [26] ve *Pseudomonas* türlerinin çoğalma hızı çok kısadır.

Proteinazlar, peynir üretiminde önemli kayıplara neden olurlar [27]. Psikrotrof bakteriler süt yağını hidrolize ederler ve serbest yağ asitleri ortaya çıkar ve bu ortaya çıkan yağ asitleri gıdalarda acılık, ekşime, mayalanma gibi durumlara neden olmaktadır.

4. Laktik Asit Bakterilerinin Popülasyon Değişiminin Modifiye Edilmiş Gompertz Modeli ile Hesaplanması

Mikroorganizma popülasyonlarında meydana gelen değişiklikleri belirleyebilmek için doğrusal olmayan modeller kullanılabilir. Bu modellerden bazıları Gompertz, Lojistik, Richards, Stannard ve Schunute olarak adlandırılmıştır ve bu modeller bakterilerin maksimum büyüme miktarını, maksimum büyüme hızını ve maksimum büyüme hızına ulaştığı süreyi elde etmemizi sağlarlar. Son yıllarda bu modeller modifiye edilmiştir ve modifiye edilmiş bu modeller başta gıda olmak üzere ormancılık, tarım ve hayvancılık gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadırlar [30].

Bu çalışmada, süt ve süt ürünleri üretimi teknolojisi alanında besinlerin biyoyararlılığını arttırmak için bakteri popülasyonunun nasıl dengede tutulması gerektiği konusu ele alınmıştır. Bunun için probiyotik özellikteki üç farklı laktik asit bakterisi türü olan *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus crispatus* ve *Lactobacillus rhamnosus* bakterilerinin popülasyonları, modifiye edilmiş Gompertz modeli ile modellenmiş ve bu bakterilerin maksimum bakteri büyüme hızı ve maksimum büyüme hızına ulaştığı süreleri incelenmiştir.

Bakteri popülasyonunun değişimini gözlemlemek için modifiye edilmiş Gompertz modeli kullanılabilir. Modifiye edilmiş Gompertz modeli,

$$Y = \alpha \exp \left\{ -\exp \left[\frac{\mu \exp(1)}{\alpha} (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$$

şeklinde tanımlanmaktadır [31]. Bu modelde, α maksimum bakteri büyümesini, λ maksimum büyüme hızına ulaştığı süreyi ve t zamanı göstermektedir.

Modifiye edilmiş Gompertz modeli kullanılarak laktik asit bakterilerinin maksimum büyüme miktarları sırasıyla *Lactobacillus crispatus* bakterisi için $\alpha=1.797$, *Lactobacillus acidophilus* bakterisi için $\alpha=1.422$ ve *Lactobacillus rhamnosus* bakterisi için $\alpha=1.551$ olarak elde edilmiştir. Bu hesaplara göre, *Lactobacillus crispatus* bakterisinin diğer bakterilere göre ortamda daha hızlı çoğaldığı ve daha baskın olduğu görülmüştür.

Buradan da anlaşıldığı üzere, modifiye Gompertz modeli kullanılarak süt ve süt ürünleri üretiminde etkili bakterilerin, çeşitli sıcaklık ve ortam koşulları altında popülasyonlarının zamana bağlı olarak nasıl değişeceği belirlenebilir ve bu bilgiler kullanılarak bakteri popülasyonları ortamda dengede tutulabilir.

5. SONUÇ

Psikrotrof bakteriler, süt ve süt ürünlerinde olumsuz durumların oluşmasına neden olurlar, bu durumun sonucunda ekonomik kayıplar oluşmaktadır. Bu ekşime, bozulma gibi olumsuz durumların oluşmasını önlemek ve böylece ekonomik kayıpların önüne geçmek için bu bakterilerin özelliklerini anlamak ve ortamdaki miktarlarını optimum seviyede tutmak önem arz etmektedir. Ayrıca bu bakteriler süt ürünlerinin raf ömrünü kısalttıklarından bu ürünleri depolarken bu duruma dikkat edilmelidir. Kaliteli süt ve süt ürünleri elde edebilmek için psikrotrof

bakteri popülasyonunu sürekli kontrol etmek ve psikrotrof bakteri popülasyonunun optimum seviyenin dışına çıkmasını önlemek gerekir.

References

- [1] Baranyi J., Roberts T.A, “Predictive Microbiology”, Quantitative Microbial Ecology Culture, 1-7, 2004.
- [2] Esty J.R. and Meyer K.F., “Heat resistance of spores of B botulinus and allied anaerobes”, J. Infectious Diseases, 31, 650-663, 1922.
- [3] Roberts T.A. and Jarvis B, “Predictive Modeling of Food Safety with particular reference to Clostridium botulinum in model cured meat systems, in TA Roberts and FA Skinnr (Eds.) Food Microbiology” Advances and Prospects, Orlando, FL, Academic Press. pp. 85-95, 1983.
- [4] Ünal D.H. ve Özdemir K., “Sapanca Gölü (Sakarya) Havzası Toprak ve Sedimentlerinden Streptomyces Cinsi Bakterilerin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Teşhisi”, BEU Journal of Science, 8 (3), 826-834, 2019.
- [5] Ertaş M., Özdemir K. ve Atalan E., “Isolation and characterization of Micromonospora bacteria from various soil samples obtained around Lake Van”, African Journal of Biotechnology, 8 (3), 826-834, 2019.
- [6] Özok Ö. ve Özdemir K., “Sakarya ili ormanlık alan topraklarından Streptomyces türlerinin izolasyonu, karakterizasyonu ve bazı ekstraselüler”, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 7(1) 64 – 71, 2019.
- [7] Cempírková, R., 2002. Psychrotrophic total bacterial counts in balk milk samples. Veterinary Medicine Czech 47: 227-233
- [8] Barbano, D.M., Ma, Y., Santos, M.V. (2006): Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. Journal of Dairy Science 89(E. Suppl): E15-E19.
- [9] Marshall, R.T., 1982. Relationship between the bacteriological quality of raw milk and the final products a reiew. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 34: 149-157.
- [10] Cempírková, R., Mikulová, M., 2009. Incidence of psychrotrophic lipolytic bacteria in cow’s milk. Czech Journal of Animal Science 54: 65-73.
- [11] Christiansson, A., Bertilsson, J., Svensson, B., 1999. Bacillus cereus spores in raw milk: factor affecting the contamination of milk during the grazing period. Journal of Dairy Science 82: 305-314.
- [12] Eneroth, A., Christiansson, A., Brendehang, J., Molin, G., 1998. Critical contamination site in the production line of pasteurised milk, with reference to the psychrotrophic spoilage flora. International Dairy Journal 8: 829-834.
- [13] Simões, M., Simões, L.C., Vierira, M.J. , 2010. A reiew of current and emergent biofilm control strategies. Food Science and Technology 43: 573- 583.
- [14] Brown, K.L., 2000. Control of bacterial spores. British Medical Bulletin 56: 158-171.
- [15] Kumaresan,G., Annalvilli, R., 2008. Incidence of Pseudomonas species in pasteurised milk.

Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Science 4: 56-59.

[16] Meer, R.R., Baker, J., Bodyfelt, F.W., Griffiths, M.W., 1991. Psychrotrophic *Bacillus* spp. in fluid milk products: a review. *Journal of Food Protection* 54: 969-979.

[17] Boor, K.J., Murphy, S.C., 2002. Microbiology of market milks. U knjizi: *Dairy Microbiology Handbook, The microbiology of Milk and Milk Products*, edited by Robinson, R.K., third edition, Wiley Interscience, New York, 91-122. Braun, P., Fehlhaber, K., Klug, C., Kopp, K., 1999. Investigations into the activity of enzymes produced by spoilage causing bacteria: a possible basis for improved shelf life estimation. *Food Microbiology* 16: 531-540.

[18] Champagne, C.P., Laing, R.R., Roy, D., Mafu, A. A., 1994. Psychrotrophs in Dairy Products: Their Effects and Their Control critical reviews *Food science and Nutrition* 34: 1-30.

[19] Holm, C., Jepsen, L., Larsen, M., Jespersen, L., 2004. Predominant microflora of downgraded Danish bulk tank milk. *Journal of Dairy Science* 87: 1151-1157.

[20] Munsch-Alatossava, P., Alatossava, T., 2005. Phenotypic characterization of raw milk associated psychrotrophic bacteria. *Microbiological Research* 161: 334-346.

[21] Shah, N.P., 1994. Psychrotrophs in milk: a review. *Milchwissenschaft* 49,432-437.

[22] Stead, D., 1986. Microbial lipases: their characteristic, role in food spoilage and industrial uses. *Journal of Dairy Research* 53: 481-505.

[23] Sillankorva, S., Neubauer, P., Azeredo, J., 2008. *Pseudomonas fluorescens* biofilms subjected to phage phiBB-PF7A. *BMC Biotechnology* 78, Open Access 1-12.

[24] Suhren, G., 1989. Enzymes of Psychrotrophs in Raw Food. U knjizi: *Producer Microorganisms*. Edited by McKellar, R.C CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, 4-34.

[25] Santana, E.H.W., de Beloti, V., Müller, E.E., Ferreira, M.A.de., Morales, L.B.de., Pereira, M.S., Gusmão, V.V., 2004. Milk contamination in different points of dairy process. mesophilic, psychrotrophic and proteolytic microorganisms.

[26] Matta, H., Punj, V., 1999. Isolation and identification of lipolytic, psychrotrophic spore forming bacteria from raw milk. *International Journal of Dairy Technology* 52: 59-62.

[27] Muir, D.D., 1996. The shelf life of dairy products: 1. Factors influencing raw milk and fresh products. *Journal of the Society of Dairy Technology* 49: 24-32.

[28] Martins, M.L., Pinto, C.L.O., Rocha, R. B., de Araújo, E.F., Vanetti, M.C.D., 2006. Genetic diversity of Gram-negative, proteolytic bacteria isolated from refrigerated raw milk. *International Journal of Food Microbiology* 111: 144 -148.

[29] Raaijmakers, J.M., De Bruijn, I., Nybroe, O., Ongena, M., 2010. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. *FEMS Microbiology Reviews* 34: 1037-1062.

[30] Alexandrov, G. A., 2008. Forest growth in the light of the thermodynamic theory of ecological 466 systems. *Ecological Modelling*, 216: 102 – 106.