

Yoğurt Starter Kültür Fajlarının Sınıflandırılması

Esra Acar*, Nezihe Tunail

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ankara
*esraacar2@gmail.com

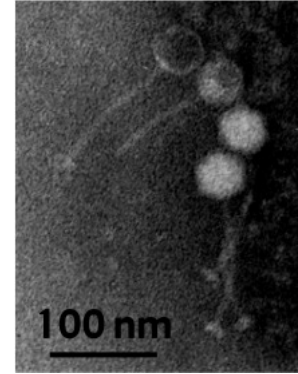
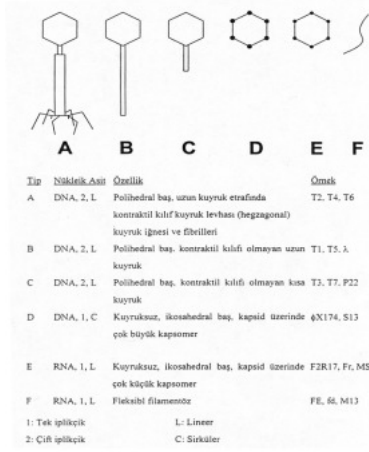
Özet

Bugüne kadar incelenmiş olan yaklaşık 5100 adet fajın çoğu, Bradley ve Ackermann sınıflamalarına göre Siphoviridae familyasında bulunmaktadır. Yoğurt yapımında kullanılan *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* suşlarına özgül fajların da ikosahedral kapside, kontraktıl olmayan uzun kuyruğa sahip olmaları nedeniyle Bradley sınıflaması B grubuna ve lineer çift sarmal DNA içermeleri nedeniyle Ackermann sınıflaması Siphoviridae familyasına dahil edilmişlerdir. Ayrıca fajlar, konakçı özgüllükleri, restriksiyon endonükleaz kesim şablonları, DNA-DNA hibridizasyon ve sekans analizleri, yapısal protein profilleri ve serolojik test sonuçlarına göre kendi içlerinde sınıflandırma yapılabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Faj, sınıflama, Siphoviridae, starter kültür

Bakteriyofaj Sınıflaması

Elektron mikroskopunda ve preparat hazırlama tekniklerinde kaydedilen gelişmeler ile öncelikle fajların morfolojik olarak sınıflandırılması mümkün olmuştur (1). Bradley tarafından, altı grup içinde toplanan fajların morfolojik özellikleri Şekil 1'de verilmiştir. Bir diğer sınıflandırma, fajların morfolojik özellikleri yanında nükleik asit yapılarının da dikkate alındığı Ackermann sınıflamasıdır (2). Bu iki sınıflamaya göre 1959'dan günümüze kadar 140'ın üzerinde bakteri cinsine özgül 5130 faj elektron mikroskobu ile incelenmiş; kuyruklu, polihedral, filamentöz ve pleomorfik fajlar olmak üzere 4 yapısal gruba ayrılmış ve 1 takım, 13 familya ve 30 cins olarak karakterize edilmiştir (Çizelge 1). Bu sınıflamaya göre filogenetik olarak da birbiriyle alakalı Myoviridae, Siphoviridae ve Podoviridae familyalarını içeren kuyruklu fajlar grubu (Bradley sınıflamasına göre sırasıyla A, B ve C grubu) 4950 üyesiyle (%96,5) en büyük faj grubunu oluşturmaktadır. Bu gruba giren fajların çoğu da (% 61), kontraktıl olmayan uzun kuyruğu ve lineer çift sarmal iplikçığı ile karakterize edilen Siphoviridae familyasında bulunmaktadır (3). Bu fajlar arasında yoğurt yapımında starter kültür olarak kullanılan *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*) ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. bulgaricus*) suşlarına özgül fajlar da (Şekil 2, 3) bulunmaktadır (2, 4).



Şekil 1. Bradley Sınıflaması

Şekil 2. *S. thermophilus* fajı

Şekil 3. *L. bulgaricus* fajı

Çizelge 1. Faj temel özellikleri ve sınıflaması

Morfoloji	Nükleik Asit	Takım ve Familyalar	Cins	Örnek	Üye Sayısı	Özellikleri	
Kuyruklu	DNA, ds, L	Caudovirales	15		4950		
		Myoviridae	6	T4	1243	Kontraktıl Kuyruk	
		Siphoviridae	6	λ	3011	Uzun Kuyruk	
		Podoviridae	3	T7	696	Kısa Kuyruk	
Polihedral	DNA, ss, C	Microviridae	4	ΦX174	40	Lipid İçeren Kompleks	
		Corticoviridae	1	PM2	3 (?)	Kapsid Lipoprotein	
		Tectiviridae	1	PRD1	18	Kaplı Kapsid	
		ds, L	Leviviridae	2	MS2	39	
		RNA, ss, L	Cystoviridae	1	Φ6	1	Lipid Zarf
Filamentöz	DNA, ss, C	Inoviridae	2	fd	57	Uzun veya Kısa	
		Lipothixviridae	1	TTV1	6 (?)	Filament	
		ds, L	Rudoviridae	1	SIRV1	2	Lipid Zarf
Pleomorfik	DNA, ds, C, T	Plasmaviridae	1	L2	6	TMV Benzeri Yapı	
		ds, C, T	Fuselloviridae	1	SSV1	8 (?)	Kapsid Yok, LimonFormlu

ds: çift sarmal ss: tek sarmal C: sirküler L: lineer S: parçalı T: süper helikal

Virüslerin sınıflandırılması için daha önce de bahsedildiği gibi morfolojik yapı ve nükleik asit doğası ön plandadır. Ancak cins ve türlerin ayrımı için belirgin bir kriter bulunmamaktadır. Uluslararası Virüs Taksonomi Komitesi (ICTV),

sınıflandırma için uygun özellikleri belirlemekte ve bir model oluşturmaktadır. Ancak bir virüsün özelliklerinin, sınıflama kriterlerinin hepsine birebir uyum göstermediği durumlar da olabilmektedir. Dolayısıyla morfolojik yapıları saptanmış, DNA-DNA hibridizasyon ve sekans analizleri ile serolojik testleri yapılmış, sınıflandırılmayı bekleyen çok sayıda kuyruklu faj bulunmaktadır (3). ICTV kayıtlarına geçmiş sınıflandırılmayı bekleyen, 6 adet *S. thermophilus* fajı da bunların içindedir (5).

***S. thermophilus* Fajları**

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda *S. thermophilus* 'a özgül fajların tamamının aynı morfolojik özelliklere ve çift sarmal DNA molekülüne sahip olmaları nedeniyle Siphoviridae familyasına dahil olduğu belirtilmiştir (4). Ayrıca bu özelliklere sahip olan fajlar, kendi içlerinde konakçı dizgeleri, protein profilleri, restriksiyon kesim şablonları, % G+C oranlarına ve DNA homolojilerine bakılarak da sınıflandırmaya çalışılmaktadır (2). Neve ve diğerleri *S. thermophilus* 'a etkili 12 adet izometrik başa sahip fajı, yapısal protein ve genom analizlerine göre 3 alt gruba ayırmışlardır (6). Diğer bir çalışmada, araştırmacılar yoğurt fabrikasından izole ettikleri 40 *S. thermophilus* fajını konakçı dizgesi, serolojik özellikler ve DNA homolojilerine göre iki alt gruba ayırabilmişken; peynir işletmesinden izole ettikleri 41 adet *S. thermophilus* fajını, 35 farklı restriksiyon kesim deseni ve 34 farklı konakçı dizgesi vermeleri nedeniyle sınıflandıramamışlardır. Bununla beraber bütün fajların oldukça yüksek DNA homolojisi göstermeleri nedeniyle genetik anlamda birbirleriyle ilgili oldukları sonucuna varılmıştır. Ayrıca sekans analizleri yapılmış iki fajın sadece 3 nükleotid pozisyonunda farklı oldukları saptanmıştır (4). Le Marrec ve arkadaşları, 30 adet *S. thermophilus* fajının, DNA homolojilerini, yapısal proteinlerini, paketleme mekanizmalarını ve konakçı dizgelerini baz alarak karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlar; fajları sahip oldukları paketleme mekanizmaları ve protein profillerine göre 2 gruba ayırmışlardır (7).

***L. bulgaricus* Fajlarının Taksonomideki Yerleri**

S. thermophilus fajları gibi *L. bulgaricus* fajları da Siphoviridae familyası içinde yer almaktadır (2). Sadece Reinbold ve arkadaşlarının izole ettiği tek bir *L. bulgaricus* fajının Myoviridae familyasına ait olduğu saptanmıştır (8). *L. lactis* ve *L. bulgaricus* 'a etkili fajların protein kompozisyonları, antijenik özellikleri, restriksiyon enzimleri kesim şablonları ve DNA homolojileri dikkate alınarak karşılaştırdığı bir çalışmada fajlar 4 gruba (a-d) ayrılmıştır. Auad ve diğerleri, izole ettikleri *L. bulgaricus* fajını bu alt gruplardan a'ya dahil etmişlerdir (9).

Sonuç

Kuyruklu fajlar grubunda yer alan *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* 'a özgül fajlar familya ve cins olarak tanımlanabilmiş olsalar da diğer fajlar gibi onların da sınıflama çalışmaları devam etmekte hatta yeni başlamaktadır (3).

Kaynaklar

1. Matthews, R. E. F. 1985. Viral taxonomy for the nonvirologist. Ann. Rev. Microbiol., 39; 451-
2. Tunail, N., Ayhan, K., Akçelik, M. Durlu Özkaya, F., Doğan, H. B., Kaleli, D., Tükel, Ç. ve Acar, E. 1997-2002. Yoğurt fabrikalarında faj probleminin çözümüne yönelik araştırmalar. TÜBİTAK/TARP-2106 Nolu Proje.
3. Ackermann, H. W. 2003. Bacteriophage observations and evolution. Res. Microbiol., 154: 245-251.
4. Brüßow, H., Frémont, M., Bruttin, A., Sidoti, J., Constabla, A. and Fryder, V. 1994. Detection and classification of *Streptococcus thermophilus* bacteriophages isolated from industrial milk fermentation. Appl. Environ. Microbiol., 60 (12); 4537-4543.
5. <http://phene.cpmc.columbia.edu/Ictv>
6. Neve, H., Krusch, U. and Teuber, M. 1989. Classification of virulent bacteriophages of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* isolated from yoghurt and Swiss-type cheese. Appl. Microbiol. Biotechnol., 30; 624-629.
7. Le Marrec, C., Sinderen, D., Walsh, L., Stanley, E., Vlegels, E., Moineau, S., Heinze, P., Fitzgerald, G. and Fayard, B. 1997. Two groups of bacteriophages *Streptococcus thermophilus* can be distinguished on the basis of mode of packaging and genetic determinants for major structural proteins. Appl. Environ. Microbiol., 63 (8); 3246-3253.
8. Reinbold, G. W., Reddy, M. S. and Hammond, E. G. 1982. Ultrastructures of bacteriophages active against *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis* and *Lactobacillus helveticus*. Journal of Food Protection, 45 (2); 119-124.
9. Auad, L., Ruiz Holgado, A. A. P., Forsman, P., Alatosava, T., Raya, R. R. 1997. Isolation and characterization of a new *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* temperate bacteriophage. J. Dairy Sci., 80: 2706- 2712.