

**3. MİKROORGANİZMALAR HAKKINDA GENEL
BİLGİLER,
MİKROORGANİZMALARIN GELİŞMESİ,
GIDA MİKROBİYOLOJİSİ VE TEKNOLOJİSİ
AÇISINDAN FERMENTE GIDALAR,
PROBİYOTİKLER**

3. BİYOTEKNOLOJİNİN TEMEL PRENSİPLERİ

- *Biyoteknolojik üretim yöntemlerinde bakteriler, mayalar, mantarlar ve alglerden yararlanılmaktadır.*
- *Bu bölümde mikroorganizmalar hakkında bilgiler verilecektir.*

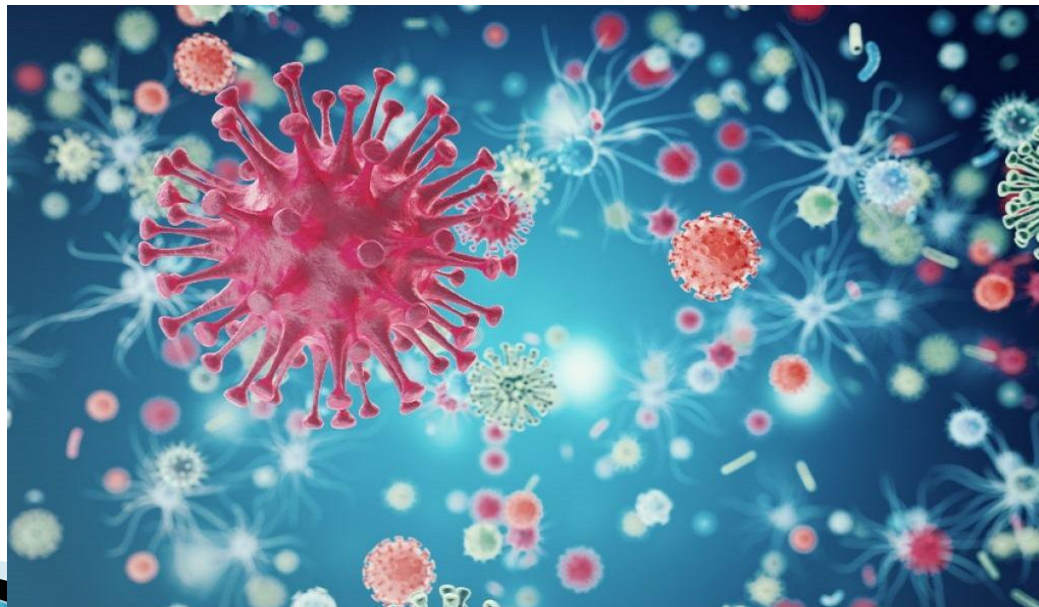
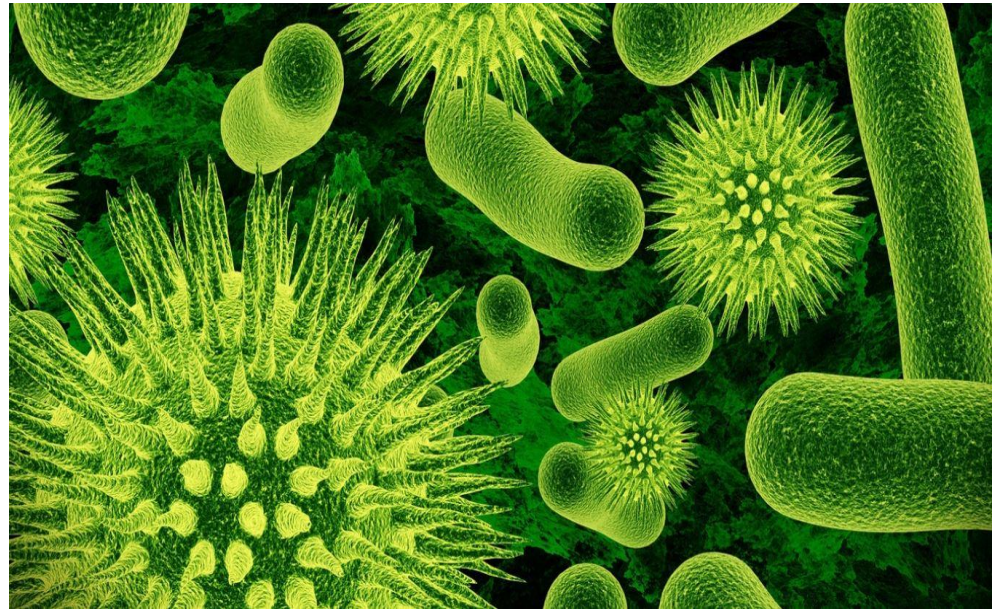
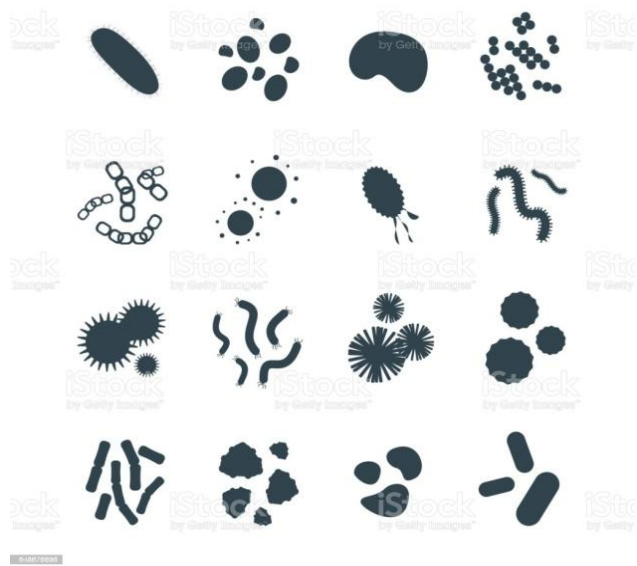
3.1. MİKROORGANİZMALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

- *Mikroorganizmalar, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olan çoğu tek hücreli canlılardır.*
- *Bakteriler, mayalar, küfler(çok hücreli), algler temel mikroorganizmalardır.*

- ✓ Şapkalı mantarlar, yosunlar, likenler de aslında mikroorganizmalardır, ancak bunlarda farklılaşmış hücreler ve bunun yanında birleşmiş hücreler olduğu için normal bitkilere benzer görünmektedirler.
- ✓ Bakteri ve mayalarda bu şekilde birleşmiş veya farklılaşmış hücreler yoktur.
- Tek bir hücreden milyonlarcası çoğalarak koloni denilen ve çıplak gözle görülebilen yapıları oluşturur.
- Bu yapılara; Ekmeğin, yoğurdun üzerinde yetişen küfler, reçelin üzerindeki mayalar, sirkenin üzerinde toplanan sirke anası, vücutta çıkan iltihaplı sivilceler ve çıbanlar aslında koloni denilen hücresel yapıları örnek verebiliriz.

- *Dünyada 500.000 - 6.000.000 arasında farklı türde ve cinsten mikroorganizma olduğu sanılmaktadır.*
- *Bugüne kadar ancak bunların içinden %5 'inden daha azı olduğu kabul edilen 3500 bakteri, 90.000 fungi (maya, küf, şapkalı mantar), 100.000 protist (alg ve protozoa) tanımlanabilmiştir.*





3.2. MİKROORGANİZMALARIN YARARLARI ve ZARARLARI

- Mikroorganizmaların pek çok yararı vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:
- ✓ Çeşitli gıdalar mikroorganizmalar ile elde edilebilir.
- ✓ Çeşitli endüstriyel ürünler mikroorganizmalar ile elde edilebilir.
- ✓ Biyolojik atık su arıtımında mikroorganizmalar kullanılır, buradan çıkan çamur değerli bir organik kütledir.
- ✓ Biyogaz reaktörlerinde mikroorganizmalardan yararlanılır.

- ✓ *Maden yatakları mikroorganizmalar ile ıslah edilebilmektedir.*
- ✓ *Biyolojik gübre, biyoinsektisid üretiminde mikroorganizmalar kullanılabilir.*
- ✓ *Doğadaki C, N, P, S gibi çevrimlerde mikroorganizmalar önemlidir.*
- ✓ *Genetik pek çok çalışmada mikroorganizmalardan yararlanılmaktadır.*

- *Buna karşın mikroorganizmaların bir kısmı insanlar, bitkiler ve hayvansal organizmalar için hastalık sebebidirler (patojen) ve öldürücü olabilir, gıdaların bozunmasına yol açarak ekonomik kayıplara neden olurlar.*
- *Mikroorganizmaları yararlı ve zararlı olarak sınıflandırmak mümkün değildir.*
- *İnsanların denetimi altında olmak üzere yararlı olan bir mikroorganizma başka bir yerde zararlı olabilir.*

- *Örneğin sirke yapımında kullanılan bakteri şarap fabrikasına bulaşırsa işletmenin tüm şarabı sirke haline gelir ve büyük ekonomik kayıp yapar.*
- *Genetik çalışmalarda kullanılan mikroorganizmalardan bazıları hastalık yapma (patojen) özelliği taşırlar.*
- *Küflü peynir yapımında kullanılan küfler beyaz peynire bulaşırsa önemli bir sağlık sorunu olmaz ancak beyaz peynir küflenmiş görünümde olacağı için tüketici tarafından tercih edilmez, ayrıca yasal olarak bu peynirin satılması da mümkün değildir.*

3.3. MİKROORGANİZMALARIN GELİŞMESİ

- Diğer canlı türlerinde olduğu gibi mikroorganizmalar da gelişmeleri için öncelikle belirli besin maddelerine, ortam sıcaklığına, suya gerek duyarlar.
- Bunların dışında ortamın asitliği ve oksijen durumu da önemlidir.

3.3.1. Besin Maddeleri

- *Diğer canlı türlerinde olduğu gibi farklı mikroorganizmalarda farklı besin maddelerine ihtiyaç duyarlar.*
- ✓ *Bu açıdan bakıldığında farklı gıdalar üzerinde farklı mikroorganizmaların bulunması beklenir.*
- ✓ *Ancak genel olarak gıdalar pek çok mikroorganizmanın gelişmesine yetecek kadar besin maddesi içerirler.*
- ✓ *Bununla beraber örneğin içme suyunda son derece az besin maddesi olduğu için sadece alg (yosun) gelişebilir.*

3.3.2 Ortam Sıcaklığı

- Tüm canlılar sıcaklık istekleri bakımından: Düşük sıcaklıkları sevenler (örneğin penguenler), Orta derecede sıcaklıkları sevenler (örneğin insanlar) ve Yüksek sıcaklıkları sevenler (örneğin çöl hayvanları) şeklinde 3 gruba ayrılırlar.
- ✓ Mikroorganizmalar da aynı şekilde gruplandırılırlar.
- ✓ Buzdolabında korunan bir gıdayı ancak buzdolabı sıcaklığında gelişebilen mikroorganizmalar bozabilir.
- ✓ Oda sıcaklığında tutulan gıdaları ise orta sıcaklık ortamlarda gelişen mikroorganizmalar tarafından hızla bozunurlar.

- ✓ *Buna karşın örneğin yoğurt yaparken sütün mayalandığı ve mayalanmış halde tutulduğu sıcaklık oldukça yüksektir.*
- ✓ *Yine diğer canlılarda olduğu gibi mikroorganizmalarda da sıcaklığa tolerans gösterilebilir.*
- *Bazı mikroorganizmalar orta sıcaklıkta (ılık ortam) yaşadıkları halde, bazıları da düşük sıcaklıklarda veya yüksek sıcaklıklarda gelişebilirler.*
- *Her canlı türü gibi mikroorganizmaların da gelişebildikleri bir optimum sıcaklık derecesi vardır.*

- *Bu sıcaklık derecesinde mikroorganizma en aktif, en dayanıklı, en çabuk gelişme gösterebilirler.*
- ✓ *Bir bakterinin gelişmesi için ideal olan bu sıcaklıktan aşağıya doğru inildikçe aktivitede, dayanıklılıkta ve çoğalma hızında azalma olmaya başlar.*
- ✓ *Nihayet minimum olarak tarif edilen bir sıcaklık derecesi gelişmenin görülebildiği sınır noktadır.*
- ✓ *Daha aşağıda olan bir sıcaklıkta gelişme olmaz, ancak üremenin durması ölüm değildir.*

- ✓ *Donma sıcaklığında mikroorganizmaların bir kısmı ölürse de büyük bölümü canlı kalır.*
- ✓ *Buzlukta saklanan et oda sıcaklığına çıkartılırsa bir süre sonra bozunmaya başlar.*
- ✓ *Bozulma yapan mikroorganizmalar o ette zaten bulunurlar. Sadece buzlukta saklamakla gelişmeleri durdurulmuştur. Tarlaya atılan buğday tohumunun bir kış geçirmesine rağmen baharda filizlenmesi buna benzetilebilir.*

- ✓ *Donma sıcaklığının çok altına inilmesi mikroorganizmalar için daha fazla öldürücü değildir.*
- ✓ *Hatta sıcaklık ne kadar düşük ise canlılık o kadar iyi korunur.*
- ✓ *Optimum sıcaklıktan yukarıya çıkıldıkça yine aktivitede, dayanıklılıkta ve gelişme hızında azalma olur, gelişmenin sürdürülebileceği maksimum sıcaklığın üzerine çıkıldığında gelişme durur, sıcaklığın daha fazla yükselmesiyle mikroorganizmalar ölmeye başlar.*

- ✓ Sıcaklık ne kadar yükselir ise ölümler o kadar çoğalır. Dışarıdan bulaşma olmaz ise düdüklü tencerede pişirilmiş et, normal tencerede pişirilene göre çok daha az sayıda mikroorganizma bulundurur, hatta steril sayılabilir.
- ✓ Mikroorganizmaların yüksek sıcaklığa dayanıklılıkları farklıdır.
- ✓ Bazı mikroorganizmalar $70-80^{\circ}\text{C}$ ' da bir kaç dakikada ölürken, bazıları 121°C ' da 15 dakikada ancak ölürler.

3.3.3. Su

- Tüm canlı türleri gibi mikroorganizmaların beslenmeleri için suya ihtiyaçları vardır.
- Sıcaklıkta olduğu gibi daha az su olan ortamlarda (örneğin kaktüsler gibi) veya daha çok sulu ortamlarda (örneğin çimen gibi) gelişebilen mikroorganizmalar vardır.
- Gıdalar su içerikleri bakımından incelendiğinde kurutulmuş gıdaların (örneğin kuru meyveler, süt tozu) çok daha uzun süreler dayanıklı kaldıkları buna karşın, yüksek nemli gıdaların (örneğin yaş meyve, süt) daha çabuk bozulduğu görülür.

- *Gıdaların kurutulması, soğutulması ile aynı etkiyi gösterir. Kurutulmuş meyve veya süt tozuna su ilave edilirse bunlar kısa sürede bozulurlar.*
- *Gıdaların suyunu azaltmak için kurutma dışında başka işlemlerde yapılabilir.*
- ✓ *Örneğin reçel yapılırken meyvelere şeker katılması mevcut suyun mikroorganizmalar tarafından daha az kullanılmasını sağlar.*

- Reçel, meyve suyu konsantresi, bal gibi gıdalar sadece bu yüksek şeker konsantrasyonunu seven veya buna dayanıklı mayalar tarafından bozabilir.
- ✓ Bu duruma göre reçelde ne kadar çok şeker varsa reçel o denli dayanıklıdır.
- Benzer şekilde tuz da yüksek konsantrasyonlar da aynı etkiyi yapar.
- ✓ Tuzlanarak saklanan gıdalar (et, asma yaprağı vb.) bu şekilde korunurlar.

3.3.4. Ortam Asitliği

- Bazı mikroorganizmalar asitli, bazıları nötür, bazıları da bazik ortamları severler.
- ✓ Bununla beraber mikroorganizmaların büyük bir çoğunluğu nötür ve nötüre yakın pH'ları tercih ederler.
- ✓ Optimum ortam asitliğinin altında ve üstünde asitliklerde gelişme azalır, giderek durur ve nihayet ölümler görülür.
- ✓ Gıdalar düşük ve yüksek asitli olarak ikiye ayrılır.
- ✓ Domates ve salça yüksek ve düşük asitli gıdalar arasında sınır noktadadır.
- ✓ Meyveler, turşu, tüm gazlı içecekler, yoğurt, meyve suları yüksek asitli, tüm sebze ve ürünleri, süt, et ve ürünleri düşük asitli gıdalar sayılır.
- ✓ Genel olarak düşük asitli gıdaların mikroorganizmalar tarafından bozunması daha kolay olur.

3.3.5. Oksijen

- Diğer tüm canlı türlerinden farklı olmak üzere mikroorganizmalar solunum için oksijenli, az oksijenli, oksijensiz ortamlarda gelişenler ile hem oksijenli hem de oksijensiz ortamda gelişenler olarak 4 gruba ayrılırlar.
- Küfler, bakterilerin büyük bir bölümü oksijene gerek duyarlar;
- ✓ Bunlar oksijen olmadan gelişemezler.
- ✓ Çeşitli gıdaların vakum ambalajda pazarlanması bu nedenledir.
- Bazı bakteriler az oksijen varlığında iyi gelişirken, tetanoz bakterisi gibi bazıları için oksijen zehir etkisi yapar.
- Koli basili olarak bilinen bazı bakteriler ve mayalar hem oksijenli hem de oksijensiz ortamda gelişebilirler.

3.5. GIDA MİKROBİYOLOJİSİ VE TEKNOLOJİSİ AÇISINDAN FERMENTE GIDALARIN ÖNEMİ

- *Gıda mikrobiyolojisi temel olarak gıdalardaki istenmeyen mikroorganizmaları konu alan bir bilim dalıdır.*
- *Bu çerçevede gıda endüstrisinde şarap, turşu, yoğurt vb. gıdaların yapımında kullanılan starter kültürler gıda mikrobiyolojisini doğrudan ilgilendirmez.*
- *Bu tarife göre starter kültürler endüstriyel mikrobiyolojinin gıda endüstrisi alt dalında yer alır.*
- *Bununla beraber gerek yurtiçi gerek yurt dışı kaynaklarda starter kültür konuları kısmen de olsa gıda mikrobiyolojisi konuları içinde yer almıştır.*

- *Gıda mikrobiyolojisi konuları arasında tifo, paratifo, tüberküloz, şarbon gibi gıdalar yoluyla insanlara geçen hastalık etkenleri yer almamaktadır.*
- ✓ *Bunun temel nedeni gıdaların bu mikroorganizmalar için sadece taşıyıcı olarak rol oynamasıdır.*
- ✓ *Bir diğer ifadeyle gıda mikrobiyolojisi temel olarak gıda işleme ve taşıma sırasında eksik ve/veya hatalı uygulamalar sonunda gıdaları bozan, patojen mikroorganizmalarla ilgilenmektedir.*

- *Klinik mikrobiyoloji bölümünden farklı olarak gıdalarda bulunan istenmeyen mikroorganizmalar gıda mikrobiyolojisi açısından bakılarak gruplandırılmıştır.*
- *Fermente gıdalar, üründe arzu edilen değişiklikleri elde etmek için çeşitli hammaddeler ve farklı üretim yöntemleri kullanılarak mikroorganizmaların veya enzimlerin etkisiyle üretilen gıdalardır.*
- *Fermantasyon ve fermente gıdalar tesadüfen keşfedilse de büyük olasılıkla insanlar tarafından tüketilen ilk gıdalar arasındaydı.*

- ▶ Fermantasyon işleminde sıklıkla kullanılan mikroorganizmalardan olan laktik asit bakterileri **gıdaların korunması** (bozulmanın önlenmesi ile), **güvenliğinin artırılması** (asit, alkol, bakteriyosin üretimi (**Bakteriyosin**: Bazı bakteriler tarafından üretilen ve diğer bakteriler üzerinde olumsuz etki yapan antibiyotik benzeri maddelerdir), toksisitenin giderilmesi ile), **besin değerinin artırılması** (sindirilebilirliğin iyileştirilmesi, mikro besin maddelerinin artışı, probiyotik sentezi ile), **görünümünün veya lezzetinin iyileştirilmesi için** bazı değişikliklerin ortaya çıkmasına yardımcı olur.

- *Fermente gıdalar, probiyotikler, prebiyotikler, mikroorganizmaların primer ve sekonder metabolitlerinin (B vitaminleri, biyoaktif peptitler, vb.) potansiyel kaynakları olarak gıdaya sağlığı destekleyici özellikler de katmaktadır.*
- *Probiyotiklerin laktoz intoleransı, ishal, gastroenterit, huzursuz bağırsak sendromu, inflamatuvar bağırsak hastalığı, kanser ve ürogenital sistem enfeksiyonlarına karşı birçok faydası bildirilmiştir.*
- *Probiyotik ürünlerin artan popülaritesi ile, tüketiciler probiyotiklerin sağlık özelliklerinin satılan ürünlerde korunmasını ve tüketimden sonra da sağlık etkilerinin devamını talep etmektedir.*

- *Gıda güvenliği giderek daha önemli bir uluslararası sorun haline geldiğinden, özellikle laktik asit bakterilerinin üretmiş oldukları bakteriyosinler gibi antimikrobiyal peptitlerin gıda patojenlerine karşı kullanılması büyük ilgi görmüştür.*
- *Böylelikle, daha ‘doğal’ ve ‘asgari düzeyde işlenmiş’ gıdalara olan talep doğrultusunda, kimyasal koruyuculara alternatif doğal gıda koruyucuları olarak antimikrobiyal ajanlara ilgi artmaktadır.*
- *Fermente gıdaların üretilmesinde görev alan mikroorganizmaların birçoğu çeşitli hücre bileşenleri ve yan ürünlerinin üretilmesinde kullanılmaktadır.*
- *Ancak, bu mikroorganizmaların ve metabolitlerinin tüketici sağlığını olumsuz etkilememesi için gıdalarda kullanımının onaylanmış olması gereklidir.*

FERMANTASYON VE FERMANTASYON ÇEŞİTLERİ

- *Fermantasyon terimi ‘kaynamak’ anlamına gelen Latince ‘fervere’ fiilinden türetilmiştir. Bu kavram halk arasında daha çok ‘mayalanma’ olarak bilinse de ‘köpürme ile gözlenen kimyasal reaksiyonlar’, ‘organik bileşiklerin dönüşüm ve değişim reaksiyonları’ şeklinde farklı anlamları da bulunmaktadır.*
- *Ancak biyokimyasal açıdan fermantasyon, ‘oksijen yokluğunda organik bileşiklerin hem elektron vericisi hem son elektron alıcısı olarak görev aldığı enerji açığa çıkaran proses’ olarak tanımlanmasına karşın, biyoteknolojide daha genel bir anlam taşır.*

- *Bu durumda, mikroorganizma kültürü kullanılarak çeşitli ürünlerin üretimini sağlayan her türlü prosese fermantasyon denir.*
- *Ticari açıdan beş önemli fermantasyon grubu bulunmaktadır. Bunlar;*

1) Mikrobiyal biyokütle üretimi:

- *Ticari olarak mikrobiyal biyokütle üretimi, mikrobiyal hücre üretimi kapsamında fırıncılık sektöründe ekmek mayası üretimi ile insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılmak üzere iki önemli sürece ayrılmaktadır.*

2) Mikrobiyal enzim üretimi:

- Enzimler ticari olarak bitki, hayvan ve mikrobiyal orijinli olabilir. Ancak mikrobiyal enzimler fermantasyon tekniklerinin oluşturulmasıyla büyük miktarlarda üretilmektedir.
- Bitki ve hayvan orijinleri ile kıyaslandığında mikrobiyal sistem verimliliğini artırmak daha kolay olmaktadır.

3) Mikrobiyal metabolit üretimi:

- Mikrobiyal kültürün üreme dönemlerine bağlı olarak üretilen metabolitler değişkenlik göstermektedir.
- Primer metabolitler, logaritmik üreme fazında üretilen ürünler olup hücrenin üremesini ve yaşamsal faaliyeti için gerekli olan maddelerdir.
- Bu ürünlere örnek olarak amino asitler, pürin, pirimidin ve vitaminler verilebilir.

- *Birçok primer metabolit fermantasyon ile üretilen ekonomik değere sahip ürünlerdir.*
- *Sekonder metabolitler ise duraklama fazında üretilen ürünler olup hücrenin üremesi ve yaşamsal faaliyeti için gerekli olan maddeler değildir.*
- *Birçok sekonder metabolit antimikrobiyal aktiviteye sahip olup, bazıları spesifik enzim inhibitörleri, büyüme promotörleri ya da farmakolojik özelliklere sahip ürünlerdir.*

4) Rekombinant ürünlerin üretimi:

- *Rekombinant DNA (R-DNA) teknolojisi günümüzde pek çok fermantasyon ürünün üretiminde kullanılmaktadır.*
- *Ökaryotik gruba ait genlerin mikrobiyal hücreye sokularak, bu gen ürününün hücrede üretilmesi sağlanabilmektedir.*
- *Böylelikle R-DNA teknolojisi ile interferonlar, insülin, faktör VIII ve IX, epidermal büyüme faktörü gibi ürünler üretilmektedir.*

5) Transformasyon (dönüşüm) prosesi:

- *Mikrobiyal hücre, bir bileşiği yapısal olarak ilişkili ekonomik değeri daha yüksek olan başka bir bileşiğe dönüştürebilir.*
- *Bu durumda mikroorganizmalar katalizör gibi davranarak belirli grupları ekleme ya da belirli grupları çıkarma şeklinde bileşikte spesifik değişiklikler yapabilir.*

- *Fermantasyon işlemi karmaşık bir süreç olup ilgili mikroorganizmalar ve fermantasyon ürünlerine bağlı olarak da sınıflandırılabilir:*
- 1) Baklagil/tahıl karışımlarından et ikamesi olarak tekstüre bitkisel protein üreten fermantasyon (örn; tempe);*
- 2) Tuzlu/et aromalı amino asit/peptid fermantasyonları (örn; soya sosu);*
- 3) Laktik asit fermantasyonu (örn; turşu);*
- 4) Alkol fermantasyonu (örn; şarap);*
- 5) Asetik asit fermantasyonu (örn; sirke);*
- 6) Alkali fermantasyon (örn; dawadawa) ve*
- 7) Hamur fermantasyonu (örn; ekmek).*
- *Fermantasyon sürecinde bir veya daha fazla fermantasyon aşaması kullanılabilir ve genellikle starter (başlatıcı) olarak birden fazla mikroorganizmanın kullanılması söz konusudur.*

FERMENTE GIDALARIN MİKROBİYOLOJİSİ

- *Gıda fermantasyonu, gıda maddelerinin stabilizasyonu ve dönüşümü için mikroorganizmaların üremesi ile metabolik aktivitesini kullanan bir gıda işleme teknolojisidir.*
- *Fermantasyon esas olarak bozulabilir tarım ürünlerinin stabilizasyonu için geliştirilse de bu teknoloji, gıda korumanın ötesinde, çeşitli hammaddeler ve farklı üretim yöntemleri kullanılarak gıda ürünlerinde arzu edilen organoleptik, besinsel ve işlevsel özellikler yaratmak için kullanılan bir araca dönüşmüştür.*
- *Dolayısıyla, gıda fermantasyonu ‘kontrollü mikrobiyal üreme ve majör ile minör gıda bileşenlerinin enzimatik dönüşümleri’ olarak tanımlanabilir.*

- İnsanlık tarihinde fermente gıdaların ilk olarak Hindistan alt kıtasında, Büyük İndus Vadisi uygarlığından önceki yerleşim yerlerinde ortaya çıktığı düşünülmektedir.
- Peynir yapımının Mezopotamya'da bitki ve hayvanların evcilleştirildiği dönemde (M.Ö. 7000) geliştiğine dair bulgular mevcuttur.
- Daha sonraları ise, şarap yapımı ile ilgili olarak alkol fermantasyonunun M.Ö. 2000-4000 yıllarında Mısırlılar ve Sümerler tarafından geliştirildiği düşünülmektedir.

- *Mısırlılar M.Ö. 3500-4000 yıllarında hamur fermantasyonunu da geliştirmişlerdir. Böylelikle eski kent uygarlıkları hammadde olarak süt, meyve, sebze, hububatları kullanarak çeşitli fermente gıdaları üretmişlerdir.*
- *Bu süreç yeni gıdaların üretilmesi ile birlikte bitkisel ve hayvansal kaynaklı hammadde fazlasının korunmasına da yardımcı olmuştur.*

- Fermente gıdalar ilk ‘işlenmiş’ gıdalar arasında olup, popülerliği hala daha aynı nedenlerden dolayı günümüzde de devam etmektedir. Buna göre gıda işlemede fermantasyonun pozitif etkileri aşağıda belirtildiği üzere;
- i. Gıda kaynaklı patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişmesini engellemek,
 - ii. Gıdada bulunan nörotoksinler, tripsin inhibitörü, aflatoksin, fitatlar gibi istenmeyen bileşenleri parçalamak,
 - iii. Gıdanın besin değerini artırmak,
 - iv. Gıdanın görünüş, doku, lezzet ve tat gibi organoleptik özelliklerini iyileştirmek,
 - v. Gıdanın işlevselliğini artırmak,
 - vi. Gıdanın ekonomik değerini artırmak, şeklinde sıralanabilir.

- *Gıdaların fermentasyonla üretilmesi, yararlı mikroorganizmaların gelişerek metabolik aktiviteleri ile hammaddenin yeni bir ürüne dönüşme sürecini içerir.*
- *Bu süreç içerisinde gıdanın yapısında değişiklikler meydana gelmesiyle ya da fermentasyon boyunca gelişen yararlı mikroorganizmaların tüketilmesiyle gıdanın besin değeri artar.*
- *Fermentasyonda rol olan mikroorganizmaların sahip oldukları enzimler, gıda matrisinde bulunan karbonhidrat veya proteinleri kısmen ya da tamamen parçalayarak gıdanın sindirilebilirliğinin artmasına yardımcı olur.*

- *Ayrıca mikroorganizmaların enzimatik aktiviteleri ile bazı bitkisel gıdalarda bulunan fitatlar parçalanarak çinko, demir gibi mineral maddelerin açığa çıkmasıyla fermentasyon sonrasında gıdanın besin kalitesi de artar.*
- *Fermentasyon sırasında mikroorganizmalar gelişerek amino asitler, vitaminler gibi besin maddeleri sentezledikleri için gıdanın besin değerinde de artış olur.*

- Binlerce yıl öncesinde birkaç koruma yöntemi varken bile fermentasyon işleminin gıdalardaki koruma yönü oldukça önemliydi. Et, süt gibi çabuk bozulan çiğ gıdaların hemen tüketilmesi gerekli olduğu halde, tuzlama veya dumanlama gibi çeşitli yöntemler ile gıdalar daha uzun süre saklanabiliyordu.
- Ancak bu koruma yöntemleri her gıdaya uygun olmadığı için, fermentasyon işleminde genellikle su hacminin azalmasıyla (kurutma veya tuz kullanılması ile) birlikte üretilen organik asitler (laktik asit, asetik asit, formik asit, propiyonik asit), etanol, karbon dioksit, reuterin, bakteriyosinler gibi çeşitli metabolitler ile birçok gıda uzun süre bozulmadan saklanabilmiştir.

- Ayrıca gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaların inhibisyonu ve bazı toksik bileşiklerin uzaklaştırılmasıyla gıda güvenliğinin iyileştirilmesi de sağlanmıştır.
- Birçok fermente gıda işlevsellik açısından başlangıç hammaddesine kıyasla oldukça farklı olup, fark yaratan duyusal özelliklere sahip bu gıdaların çeşitli şekillerde tüketim şansı bulunmaktadır.
- Aynı zamanda bu özelliği fermente gıdaları benzersiz kılmaktadır.

- Aynı tür gıda asit, tuz veya enzim ekleyerek fermentasyon işlemi uygulanmadan üretilmeye çalışıldığında 'fermente' gıdanın sahip olduğu tüm organoleptik özelliklerinden yoksun olduğu bilinmektedir.
- Ayrıca fermente gıdalar katma değeri yüksek ürünlerin başında yer almakta olup, ekonomik değerleri pazarda çok yüksektir.

FERMENTE GIDALARDA KULLANILAN MİKROORGANİZMALAR

- *Gıdaların fermentasyonunda başlıca bakteriler, mayalar ve küfler rol oynamaktadır (Tablo 1). Yararlı mikroorganizmalar ile bunların metabolitleri çeşitli amaçlarla gıdalarda kullanılmaktadır.*
- *Gıdalarda kullanılan mikroorganizmalar, metabolitleri ve hücresel bileşenleri GRAS (Generally Recognized As Safe: genel olarak güvenilir kabul edilen) statüsünde olmak zorundadır.*
- *Ayrıca bunların çeşitli düzenleyici kurumlarca da onaylanmış olması gereklidir.*

TABLO 1: Çeşitli fermente gıdalarda rol alan (bulunan/starter kültür olarak kullanılan) bazı mikroorganizmalar.

Ürün	Mikroorganizma
Yoğurt ⁸	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>
Peynir ⁹⁻¹³	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus coryniformis</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i> <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremonis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>
Turşu ^{14,15}	<i>Enterococcus thailandicus</i> , <i>Lactobacillus alimentarius</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> , <i>Lactobacillus spicheri</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Pediococcus ethanolidurans</i> <i>Pediococcus ethanolidurans</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i>
Sirke ¹⁶	<i>Acetobacter pasteurianus</i> , <i>Acetobacter aceti</i> , <i>Gluconobacter oxydans</i> , <i>Gluconobacter europaeus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Sucuk ¹⁷	<i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Staphylococcus carnosus</i>
Ekşi hamur ¹⁸	<i>Lactobacillus frumenti</i> , <i>Lactobacillus paralimentarius</i> , <i>Lactobacillus spicheri</i> , <i>Lactobacillus rossiae</i> , <i>Lactobacillus acidifarinae</i> , <i>Lactobacillus zymae</i> , <i>Lactobacillus hammesii</i> , <i>Lactobacillus nanfensis</i> , <i>Lactobacillus siliginis</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> , <i>Lactobacillus pontis</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Şarap ⁹	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces oviformis</i> , <i>Saccharomyces acidofaciens</i> , <i>Oenococcus oeni</i>
Boza ⁹	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> , <i>Leuconostoc oenos</i> , <i>Lactobacillus coryniformis</i> , <i>Lactobacillus confusus</i> , <i>Lactobacillus sanfrancisco</i> (<i>sanfranciscensis</i>), <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces uvarum</i>

- *En önemli bakteri grubu olarak karbonhidratları kullanarak nispeten yüksek miktarlarda laktik asit üreten laktik asit bakterileri (LAB) ilk sırada yer almaktadır.*
- *LAB olarak tanımlanan grup içerisinde günümüzde 12 cinse (**Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Enterococcus, Aerococcus, Vagococcus, Tetragenococcus, Carnobacterium, Weissella, Oenococcus**) ait bakteri türü bulunmaktadır.*
- *Ancak bu sınıflandırma içerisinde Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Streptococcus, Lactobacillus cinslerine ait çeşitli türler gıda fermentasyonunda kullanılmaktadır.*

- LAB'nin başlıca üretmiş olduğu laktik asit ve diğer metabolitlerin (asetik asit, diasetil, CO_2 , H_2O_2 , bakteriyosin ve çeşitli antimikrobiyaller) gıdada patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaları inhibe etme yanında gıdanın duyuşal özelliklerini geliştirme ve hazmını kolaylaştırma gibi yararları da mevcuttur.
- Özellikle meyve ve sebzelerin fermentasyonunda yer alan asetik asit bakterileri ise alkolden asetik asit üreterek koruyucu etkisiyle birlikte gıdaya aroma kazandırıcı etki de sağlarlar.
- Üçüncü grup olarak daha çok alkali fermentasyonda rol alan çeşitli *Bacillus* türleri (*B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*) gelmektedir.

- Alkali fermentasyonda bitki tohumlarının substrat olarak kullanılması daha az olmasına rağmen, soya fasülyesi ve diğer baklagiller gibi proteince zengin gıdaların kullanımı oldukça yaygındır.
- *B. subtilis* dominant tür olarak proteini peptitler ve amino asitlere hidrolize ederek amonyağın açığa çıkmasına neden olur. Böylelikle ortamı alkali yaparak substratı bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişmesine uygun olmayan hale getirirler.
- Diğer bakteriyel starter kültürler olarak *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Brevibacterium* cinsleri gelmektedir.

- Gıdalarda önemli mikroorganizma gruplarından olan mayalar ve küfler çoğunlukla gıdaların bozulmasından ve mikotoksin üretiminden (küfler tarafından) sorumludur.
- Birçok maya türü arasından sadece birkaç tanesi gıda fermentasyonu ile ilişkilendirilmektedir.
- En önemli cins ve tür olarak *Saccharomyces cerevisiae*, hamurun kabarması (ekmek üretimi), bira, şarap ve diğer alkollü içkiler ile endüstriyel alkolün üretilmesi, invertaz enziminin üretilmesi ve lezzet arttırıcı olarak kullanılmaktadır.

- *Candida utilis* ise tek hücre proteini üretmek için kullanılmaktadır.
- Gıdalarda gelişen çeşitli küfler gıda bozulmaları ve mikotoksin üretimi ile ilgili olsa da bazıları çeşitli fermente gıdaların (örn; peynir, soya sosu) üretilmesinde, ticari öneme sahip çeşitli enzimler (örn; pektinaz, amilaz) ve katkı maddelerinin (örn; sitrik asit, glukonik asit) üretilmesinde kullanılmaktadır.

FERMENTE GIDALAR VE PROBİYOTİKLER

- Bazı fermente gıdalar sağlığı destekleyici özellikleri nedeniyle, fonksiyonel gıdaların bir alt kümesi olup ‘probiyotikler’ olarak da anılmaktadır.
- Genel olarak probiyotikler, yeterli miktarlarda uygulandığında konağın sağlığını faydalı şekilde etkileyen canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmıştır.
- Tablo 2’de probiyotik olarak tanımlanan bazı mikroorganizmaların listesi verilmiştir.
- Tablo 2’de listelenen mikroorganizmalar incelendiğinde çoğunluğunun LAB olduğu dikkati çekmektedir.

Tablo 2. Probiyotik olarak tanımlanan bazı mikroorganizmalar

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	Diğer (LAB+LAB olmayan)
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. breve</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>L. plantarum</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>L. reuteri</i>	<i>B. longum</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>L. rhamnosus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>L. fermentum</i>	<i>B. animalis subsp. animalis</i>	<i>Escherichia coli</i> Nissle
<i>L. johnsonii</i>	<i>B. animalis subsp. lactis</i>	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i>
<i>L. amylovorus</i>		<i>Saccharomyces boulardii</i>

- *Probiyotik mikroorganizmaların canlı olarak tüketilmeleri, fermente gıdalar aracılığı ile; yiyecek ve içeceklere canlı probiyotik mikroorganizma ilave edilmesiyle; tablet, kapsül, granül gibi farmasötik ürünler halinde tüketilmeleriyle olabilmektedir.*
- *Bu canlı hücrelerin tüketilmesiyle birlikte insan sağlığına olan etkileri;*
- ✓ *Enterik patojenlere karşı sindirim sistemini koruma,*
- ✓ *Laktoz metabolizmasını artırma, sindirim sisteminin düzenlenmesi, kalın bağırsak kanserinin azaltılması,*
- ✓ *Bağıışıklık siteminin geliştirilmesi,*
- ✓ *Alerjik hastalıkların azaltılması, serum kolesterol seviyesinin azaltılması olarak sıralanabilir.*

➤ Ancak başta LAB olmak üzere bifidobakterleri de (bağırsak florasının bir parçası olarak bağırsakta yaşayan, sindirime yardımcı bir bakteri cinsidir) içeren birçok mikroorganizmanın ideal bir probiyotik olarak tanımlanabilmesi için bazı önemli kriterlere sahip olması gereklidir. Bunlar:

1. Taksonomik olarak doğru tanımlanmış olmalıdır;
2. Safraya, aside ve pankreatik sıvılara dayanıklı olmalıdır;
3. Midenin asidik, bağırsağın bazik koşullarında canlılığını sürdürmelidir;
4. Bağırsaklarda kolonize olmasa da kalıcı olmalıdır;
5. Bağırsak epiteline adezyon yaparak enterik patojenlerin tutunmasını engellemelidir;
6. Bağıışıklığı güçlendirici etkisi olmalıdır;
7. Hedef bölgede yüksek canlılık ve metabolitik aktiviteyi korumalıdır;
8. İşleme, depolama ve taşıma sırasında özelliklerini korumalıdır;
9. Genetik olarak kararlı olmalıdır.

- *Probiyotik kaynak olarak fermente gıdaların tüketiminin yanı sıra piyasada mevcut olan probiyotik ürünlerin (gıda ve farmasötik ürünler) tüketimi günümüzde birçok ülkede popülerite kazanmıştır.*
- *Probiyotik ürünlerin yararlı etkilerinin oluşması için gerekli yüksek canlı hücre sayısını içermesi gereklidir. Bu kapsamda probiyotik mikroorganizma izolasyon çalışmaları devam etmekte olup probiyotik olarak tanımlanan mikroorganizma listesi giderek uzamaktadır.*
- *Ancak bu listede yer alan yeni probiyotiklerin kanıtlanmış bilimsel çalışmalarla desteklenmesi gereklidir.*

FERMENTE GIDALAR VE BAKTERİYOSİNLER

- *Gıdaların fermentasyonunda rol alan mikroorganizmaların antimikrobiyal özelliklere sahip çeşitli metabolitler (organik asitler, aldehitler, ketonlar, alkoller, H_2O_2 , CO_2 , diasetil, reuterin, bakteriyosinler) üretebildikleri bilinmektedir.*
- *Bakteriyosin terimi günümüzde Gr (+) veya Gr (-) bakteriler tarafından üretilen ve kendilerine yakın suşların gelişmesini engelleyen ribozomal olarak sentezlenen bir grup biyoaktif peptidi belirtmek için kullanılmaktadır.*

- *Bu inhibitörler genellikle hedef hücre zarının depolarizasyonu ile ya da hücre duvarı sentezinin inhibisyonu yoluyla dar etki spektrumundan geniş spektruma kadar etkisini göstermektedir.*
- *Birçok LAB suşu ve bazı propiyonik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinler bakterisidal etkileri nedeniyle gıda mikrobiyolojisinde özel ilgi görmektedir.*

➤ *LAB'nin ürettikleri bakteriyosinler moleküler yapılarına göre;*

Sınıf 1; lantiyonin ve türevlerini içeren düşük molekül ağırlığına sahip (<5 kDa) 'lantibiyotikler' olarak da adlandırılan membran aktif peptidler,

Sınıf 2; lantiyonin içermeyen düşük molekül ağırlığına sahip (<10 kDa) ısıya dayanıklı membran aktif peptidler,

Sınıf 3; yüksek molekül ağırlığına sahip (>30 kDa) ısıya hassas proteinler ve

Sınıf 4; proteine ilaveten esansiyel lipit veya karbonhidrat grupları içeren kompleks bakteriyosinler olacak şekilde alt gruplara ayrılmaktadır.

- *Birçok LAB suşunun bakteriyosin ürettiği bilinmekte olup, bu suşlar gıda ortamında oldukça yaygındır (Tablo 3). Ancak bakteriyosin üreticisi olan ve olmayan suşların ayrımında uygun izolasyon yönteminin kullanılması ve tecrübe oldukça önemlidir.*
- *Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, sadece LAB tarafından üretilen bakteriyosinler değil, diğer Gr(+) ve GR(-) bakterilerin üretmiş oldukları bakteriyosinler saflaştırılmış ve tanımlamıştır. Bu nedenle, bakteriyosinlerin gıda, eczacılık ve klinik tıpta potansiyel uygulama alanları bulunmaktadır.*

TABLO 3: LAB tarafından üretilen çeşitli bakteriyosinler.

Bakteriyosin	Üretici suş
Sınıf 1	
Nisin A	<i>Lactococcus lactis</i> ATCC11454
Laktisin 481	<i>Lactococcus lactis</i> 481
Laktosin S	<i>Lactobacillus sake</i> L45
Karnosin UI49	<i>Carnobacterium piscicola</i> UI49
Sınıf 2	
Lökosin A	<i>Leuconostoc gelidum</i> UAL 187
Plantarisin S	<i>Lactobacillus plantarum</i> LPCO10
Sakasın P	<i>Lactobacillus sake</i> LTH 673
Laktokoksin A	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremonis</i> 984
Pediyosin Ach	<i>Pediococcus acidilactici</i> H
Sınıf 3	
Asidoofilisin A	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LAPT 1060
Helvelisin J	<i>Lactobacillus helveticus</i> 481
Kaselsin 80	<i>Lactobacillus casei</i> B80
Sınıf 4	
Lökonosin S	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i> OX
Pediyosin SJ-1	<i>Pediococcus acidilactici</i> SJ-1

- Antik çağlardan beri peynir, yoğurt gibi pek çok fermente gıdada bakteriyosin üreten bakterilerin varlığı nedeniyle bakteriyosinler doğal gıda katkı maddelerinden sayılmaktadır.
- Gıdaların raf ömrünü uzatmak, mikrobiyal gelişmeyi geciktirmek için gıdalara çeşitli gıda koruyucuları (örn, nitrit ve kükürt dioksit) ilave edilmektedir.
- Bununla birlikte, çoğu ticari sentetik koruyucuların uzun süreli kullanımının insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceği artık bilinmektedir.
- Ayrıca, bazı proteazlara olan duyarlılığından dolayı, bakteriyosinler gastrointestinal sistemde de sindirilmektedir.

- Bu durumda, Gr (+) veya Gr (-) bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler, temelde güvenli gıda katkı maddeleri olarak kabul edilir.
- Bu kapsamda, doğal olarak fermente edilmiş sebzelerden izole edilen yeni bir bakteri suşu olan *Paenibacillus polymyxa* OSY-DF, bilinen bir antibiyotik olan polimiksin E1 ve yeni bir bakteriyosin olan ‘paenibasilin’in ortak üreticileri olarak tanımlanmıştır.
- ‘Paenibasilin’in dizilimi için Edman bozunması, kütle spektrometrisi ve nükleer manyetik rezonans kullanılmıştır. Bu durumda yeni suş ve ilişkili peptidin, gıda ve tıbbi uygulamalarda kullanım potansiyeli bulunmaktadır.

SONUÇ

- Birçok fermente gıdanın doğal ve kontrollü fermentasyon yöntemleri kullanılarak üretilmesi tüm dünyada uygulanmaktadır.
- Gıda fermentasyonunda rol alan mikroorganizmaların ürettiği oldukları metabolitler sayesinde gıdaların bozulmasına ve gıda kaynaklı hastalıklara neden olan mikroorganizmalara karşı bakteriyostatik (*Bakteriyi öldürülmeksizin büyüme ve üremesini yavaşlatma veya durdurma yeteneğine sahip olan madde*), bakterisidal (*Bakteri öldürücü etkisi olan maddeler*), fungistatik (*Mantarların gelişmesini durduran maddeler*) ve fungisidal (*Mantarları ve onların sporlarını öldürme özelliği taşıyan madde*) etkiye sahip olarak gıdaların korunması mümkün olabilmektedir.
- Ayrıca fermente gıda üretiminde rol alan mikroorganizmaların bazıları probiyotikler sınıfında yer almasıyla insan sağlığını desteklemektedir.

- *Günümüzde yapılan çalışmalarla fermente gıdalarda probiyotik mikroorganizma ve fermentasyonda rol alan mikroorganizmaların üretmiş oldukları metabolit çeşitliliğinin arttığı görülmektedir.*
- *Bunların büyük bir çoğunluğunun biyoteknolojik işlemler uygulayarak gıda ve tıp alanlarında kullanım potansiyelleri olmalarına rağmen, detaylı çalışmalarla desteklenmesi ve gerekirse resmi kurumlarca onaylanmaları gerekmektedir.*

KAYNAK:

Kışla D. Gıda mikrobiyolojisi ve teknolojisi açısından fermente gıdaların önemi. Koçdor H, Pabuççuoğlu A, Zihnioğlu F, Sağın F, editörler. Sağlık Biyoteknolojisi. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.51-7.