



GIDA
THE JOURNAL OF FOOD
E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070

Araştırma/Research
GIDA (2026) 51 (4) 818-832
doi:10.15237/gida.GD26038

ZEYTİN YAPRAĞI SİRKESİNDEN İZOLE EDİLEN *Novacetiomonas hansenii* SUŞUNUN ÇOKLU ANTİBİYOTİK DİRENCİ, ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE VE BAZI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Güliden KILIÇ¹ , Gökhan Gurur GÖKMEN² 

¹Alanya Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Antalya, Türkiye

²Alanya Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Gıda Kalite Kontrolü ve Analizi Programı, Antalya, Türkiye

Geliş / Received: 04.04.2026; Kabul / Accepted: 21.06.2026; Online Baskı / Published online: 29.07.2026

ÖZ

Bu çalışmada, zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *Novacetiomonas hansenii* türüne ait bir asetik asit bakterisinin bazı fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, *N. hansenii* B1 suşunun düşük pH'da (pH 2, 3 ve 4), %1.5 ve %10 (a/h) tuz konsantrasyonlarında ve farklı sıcaklıklarda (25°C ve 37°C) canlı kalabildiği tespit edilmiş ve bu sonuçlarla hem fermente gıdaların zorlu üretim ve depolama koşullarında hem de gastrointestinal sistemde canlılık gösterebileceği ortaya konulmuştur. Antibiyotik direnci sonuçları, suşun 19 farklı antibiyotikten 11'ine karşı dirençli olduğunu ve çoklu antibiyotik direncinin 0.58 olduğunu göstermiştir. *N. hansenii* B1 suşunun antioksidan aktivitesi %80,89 olarak belirlenirken, minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) değerleri *Escherichia coli*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *L. innocua*'a karşı %0.39 ile %50 aralığında değişkenlik göstermiştir. Elde edilen tüm sonuçlar, *N. hansenii* B1 suşunun çeşitli fonksiyonel özellikler sergilediğini göstermekte ve ileri düzey güvenlik testleriyle doğrulandıktan sonra gıda ve içecek endüstrisinde kullanım potansiyelinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Asetik asit bakterisi, sirke, probiyotik, antimikrobiyal

INVESTIGATION OF MULTIPLE ANTIBIOTIC RESISTANCE, ANTIMICROBIAL ACTIVITY, AND SOME FUNCTIONAL PROPERTIES OF *Novacetiomonas hansenii* STRAIN ISOLATED FROM OLIVE LEAF VINEGAR

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate some functional properties of an acetic acid bacterium belonging to the species *Novacetiomonas hansenii* isolated from olive leaf vinegar. In the study, it was determined that *N. hansenii* B1 strain was able to survive at low pH values (pH 2, 3, and 4), at 1.5% and 10% (w/v) salt concentrations, and at different temperatures (25°C and 37°C), and with these results it was revealed that it could remain viable both under the harsh production and storage conditions of fermented foods and in the gastrointestinal system. The antibiotic resistance results showed that the strain was resistant to 11 out of 19 different antibiotics and the MAR index was calculated as 0.58. While the antioxidant activity of *N. hansenii* B1 was determined as 80.89%, the minimum inhibitory concentration (MIC) values ranged between 0.39% and 50% against *Escherichia coli*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *L. innocua*. All the obtained results indicate that *N. hansenii* B1 strain exhibits various functional properties and reveal its potential for use in the food and beverage industry following confirmation through advanced safety assessments.

Key words: Acetic acid bacteria, vinegar, probiotic, antimicrobial

Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author: GÜLDEN KILIÇ

ORCID No: 0000-0001-6125-6219 E-posta: gulden.kilic@alanyauniversity.edu.tr



Gıda Dergisi Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
The Journal of FOOD is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

GİRİŞ

“Probiyotik” terimi, Latince “pro” ve “bios” köklerinden türetilmiş olup “yaşam için” anlamına gelmekte olup Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından probiyotikler “yeterli miktarda alındığında konakçı sağlığı üzerinde olumlu etki gösteren canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (WHO/FAO, 2002; Lee & Salminen, 2009). Bununla birlikte, FAO, WHO ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından belirlenen kriterlere göre probiyotik mikroorganizmaların güvenilirlik, fonksiyonel özellikler ve teknolojik uygunluk açısından bazı özelliklere sahip olmaları gerekmektedir (Markowiak & Śliżewska, 2017). Bu kapsamda, probiyotik olarak kabul edilebilecek bir mikroorganizmanın güvenilirlik açısından risk oluşturmaması, genotipik ve fenotipik olarak tanımlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca, fonksiyonel açıdan mide asidi ve safra tuzlarına dayanıklılık, bağırsak mukozasına tutunabilme, kolonizasyon yeteneği ve patojen mikroorganizmalara karşı antagonistik aktivite gibi özelliklere sahip olması beklenirken, teknolojik açıdan da yüksek biyokütlede üretilebilirlik, üretim ve depolama koşullarında canlılığını koruyabilme ve ürünün duyuşal özelliklerini olumsuz etkilememe gibi özelliklere sahip olmalıdır (Timmerman vd., 2004; Friedman, 2005; Amara & Shibl, 2015; Pramanik vd., 2023).

Geleneksel olarak probiyotik özellikler ağırlıklı olarak laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar üzerinde araştırılmış olmakla birlikte, son yıllarda fermente gıdalardan izole edilen farklı mikroorganizma gruplarının da probiyotik potansiyel taşıyabileceği ortaya konulmuştur. Probiyotikler ile fermente gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkilerine yönelik artan bilimsel ilgi, bu ürünlerin mikrobiyotasına odaklanan çalışmaların önemini artırmıştır. Bu kapsamda, geleneksel fermente gıdalar, potansiyel probiyotik özelliklere sahip yeni mikroorganizma suşlarının tespit edilmesi açısından değerli bir kaynak olarak görülmektedir (Pramanik vd., 2023). Literatürde sirke, şarap, şalgam suyu, turşu, su kefir ve Kombucha gibi farklı fermente ürünlerden başta asetik asit bakterileri (AAB) ve LAB olmak üzere çeşitli mikroorganizmaların izolasyonu ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Baek vd., 2020; Sui vd., 2021; Ezezi-Ovila vd., 2023; Yan vd., 2023; Kilic & Sengun, 2024; Limbad vd., 2024; Sengun vd., 2024; Wang vd., 2024). Öte yandan, bu mikroorganizma grubu içerisinde AAB’ler,

çeşitli fonksiyonel özellikli metabolitler üretme kapasiteleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Organik asitler, bakteriyosinler ve ekzopolisakkaritler gibi bileşiklerin üretimi sayesinde AAB’lerin antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar ve antikanser etkiler gösterebildiği bildirilmektedir (Haghshenas vd., 2015a, b; Srikanth vd., 2015; Karabıyıklı & Şengün, 2017). AAB’lerin probiyotik potansiyeline yönelik yapılan çalışmalar, bu mikroorganizmaların düşük pH ve yüksek safra tuzu koşullarına dayanıklılık, patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite ve bazı durumlarda sitotoksik ve antikanser etkiler gösterebildiğini ortaya koymaktadır (Haghshenas vd., 2015a, b; Aghazadeh vd., 2017). Ayrıca, elma sirkesi ve kefir gibi fermente ürünlerden izole edilen farklı AAB türlerinin bağırsak ortamına uyum sağlayabildiği ve çeşitli patojen mikroorganizmalara karşı inhibisyon etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Nagarathinam & Sundharam, 2017; Lavasani vd., 2019; Kim vd., 2020). Buna karşın, AAB’lerin aerobik özellikte olması bağırsakta kolonize olabilmeye açısından sınırlayıcı bir faktör olarak değerlendirilse de, *Komagataibacter xylinus*, *K. rbaeticus*, *Acetobacter musti* ve *Gluconobacter potus* gibi AAB türlerinin %10 (v/v) CO₂ varlığında (simüle edilmiş anaerobik koşullar) 37°C’de gelişim gösterebildiği ve bu suşların insan bağırsaklarının mikraerofilik koşullarında hayatta kalma potansiyelinin olduğu belirtilmektedir (Lavasani vd., 2019; Wang vd., 2024). Ayrıca, bu mikroorganizmaların doğrudan kolonizasyonundan ziyade, ürettikleri biyolojik aktif metabolitler aracılığıyla konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği ve bu nedenle “planktonik probiyotik” olarak değerlendirilebileceği ifade edilmektedir (Lavasani vd., 2019).

AAB türlerinden *Novacetiomonas hansenii* (eski adıyla *Komagataibacter hansenii*) ise, sirke ve kombucha gibi fermente içeceklerde yaygın şekilde bulunan ve özellikle bakteriyel selüloz üretim kapasitesi ile bilinen popüler bir AAB türüdür (Brandão vd., 2022; Sathianathan vd., 2025). Bu tür, yüksek saflıkta selüloz sentezleyebilmesi sayesinde gıda, biyomedikal ve biyoteknoloji alanlarında uygulanabilirliği açısından incelenmiştir (Han vd., 2024; Acharyya vd., 2026; Tseng vd., 2026). Bununla birlikte, *N. hansenii* üzerine yapılan çalışmaların çoğu bakteriyel selüloz üretimi ve fermentasyon performansına odaklanmış olsa da, yapılan sınırlı çalışmalarda, *Novacetiomonas* cinsine ait *N. cocois* türünün yüksek sıcaklık, düşük pH, safra tuzu varlığında gelişme, antioksidan aktivite ve antibiyotik direnci açısından probiyotik özellik gösterebildiği bildirilmiştir (Tran-Thi vd., 2026). Son yıllarda yapılan çalışmalar, *N. hansenii* suşlarının genotipik olarak yakın ilişkili olduğu *Komagataibacter* cinsine ait bazı türlerin

düşük pH koşullarına dayanıklılık gösterebildiğini, çeşitli antimikrobiyal metabolitler üretebildiğini ve gastrointestinal sistem koşullarında canlılığını koruyabildiğini ortaya koymuştur (Kılıç & Sengun, 2024; Wang vd., 2024).

Dolayısıyla, geleneksel sirkelerden izole edilen AAB'lerin çoklu fonksiyonel özelliklerine odaklanan çalışmalar sınırlıdır. Bu nedenle, bu mikroorganizmaların probiyotik özellik gösterebilecek aday suş olarak fonksiyonel özelliklerinin ortaya konulması, gıda ve biyoteknoloji alanında yeni uygulamalar açısından önemli olduğundan, yapılan bu çalışmada, zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *N. hansenii* suşunun çoklu antibiyotik direnci, antimikrobiyal aktivitesi ve bazı fonksiyonel özellikleri incelenerek, bu mikroorganizmanın potansiyel kullanım alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

AAB Suşu

Bu çalışmada, önceki çalışmamız kapsamında (Kılıç, 2026) elde edilen ve zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *N. hansenii* B1 suşu incelenmiştir. Bu bakteri suşu, NCBI (Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi) veritabanında PV200304 erişim numarası ile kayıtlıdır.

Daha önceki çalışmada (Kılıç, 2026) izole edilip tanımlanan suş, uzun süreli kullanım için %15 (v/v) gliserol içeren stoklarda -20°C'de saklanmaktadır. Bu çalışmada kullanılmak üzere ise %10 D-glukoz (Merck), %1 maya ekstraktı (Oxoid), %2 CaCO₃ (Oxoid) içeren GYC broth besiyerine (pH 6.8±0.2) inoküle edilerek 30°C'de 2-3 gün süreyle aktive edilmiştir.

Stres Koşullarında Canlılık

Düşük pH'da canlılık

Bakteri suşunun düşük pH değerlerinde canlılığını belirlemek amacıyla, pH 2, 3 ve 4'e ayarlanmış GYC sıvı ortamlarına inokülasyon yapılmış ve 30°C'de 5-10 gün inkübe edilmiştir. Tüplerde bulanıklık oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Tambekar ve Bhutada, 2010)

Farklı tuz konsantrasyonlarında gelişme

Bakteri suşunun farklı tuz konsantrasyonlarında gelişimini belirlemek üzere, aktive edilmiş bakteri suşu %1.5 ve %10 (a/h) oranında NaCl içeren GYC sıvı besiyerine inoküle edilmiş ve 30°C'de 5-10 gün inkübe edilmiştir. Süre sonunda tüplerde bulanıklık oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Adnan & Tan, 2007).

Farklı sıcaklıklarda gelişme

N. hansenii B1 suşunun farklı sıcaklık değerlerinde gelişebilme özelliklerini belirlemek amacıyla GYC besiyerinde geliştirilen taze kültürden, GYC sıvı besiyerine ekim yapılmış ve tüpler 25°C ve 37°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta 3-10 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda bulanıklığın gözlemlendiği tüpler pozitif (+) olarak değerlendirilmiştir (Pitiwittayakul vd., 2016).

Antibiyotiklere Karşı Direnç

Çalışma kapsamında incelenen bakteri suşunun antibiyotiklere karşı direnci disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla, suşun antibiyotik direnci sefamandol (MA 30, Oxoid), vankomisin (VA 30, Oxoid), penisilin (P 10, Oxoid), ampisilin (AMP 10, Oxoid), piperasilin (PRL 100, Oxoid), amoksisilin (AMC 25, Oxoid), oksasilin (OX 1, Oxoid), tetrasiklin (TE 30, Oxoid), doksisisiklin (DO 30, Oxoid), kloramfenikol (C 30, Oxoid), eritromisin (E 15, Oxoid), kanamisin (K 30, Oxoid), gentamisin (CN 120, Oxoid), tobramisin (TOB 10, Oxoid), amikasin (AK 30, Oxoid), lincomisin (MY 15, Oxoid), rifampisin (RD 5, Oxoid), siprofloksasin (CIP 5, Oxoid) ve nalidiksik asit (NA 30, Oxoid) olmak üzere 19 farklı antibiyotiğe karşı incelenmiştir. Aktive edilen bakteri suşu GYC Agar'a yayma plak yöntemine göre ekilmiş ve 20 dk'lık bekleme süresinin ardından her bir petride 5 adet antibiyotik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Ardından, petriler 30°C'de 5-10 gün inkübasyona bırakılmış ve süre sonundan antibiyotik disklerin etrafında oluşan inhibisyon zonları ölçülmüştür (Gökmen vd., 2024). Sonuçlar Klinik ve Laboratuvar Standartları Enstitüsü (CLSI, 2012) tarafından önerilen yönergeye göre "14 mm'den küçük veya eşit (≤ 14 mm) inhibisyon bölgesine sahip izolatlar: Dirençli (R)", "inhibisyon çapı 15 ile 19 mm arasında (15-19 mm) olan izolatlar: Orta derece duyarlı (I)", "inhibisyon çapı 20 mm'den büyük veya eşit (≥ 20 mm) olan izolatlar: Duyarlı (S)" olarak değerlendirilmiştir (Sharma vd., 2016; Kim vd., 2021).

Ayrıca, suşun çoklu antibiyotik direnci (MAR indeksi) aşağıda verilen Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Krumperman, 1983):

$$\text{MAR indeksi} = \frac{\text{Suşun direnç gösterdiği antibiyotik sayısı}}{\text{Test edilen toplam antibiyotik sayısı}} \quad (\text{Denklem 1})$$

Antioksidan Aktivite

Bakteri suşunun antioksidan aktivitesi Agarbatı vd. (2020) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla, GYC sıvı besiyeri içerisinde geliştirilen bakteri

suşu 4500 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiş, santrifüj sonrası 800 µL süpernatant kısmı alınarak 1 mL DPPH (0.2 mM) ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 25°C'de karanlıkta 30 dk bekletilmiş ve süre sonunda 5000 rpm'de 2 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üst fazın absorbans değeri 517 nm'de okutulmuştur. Kontrol olarak PBS kullanılmış ve aynı prosedür PBS için de uygulanmıştır. Suşun antioksidan aktivitesi aşağıda verilen Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır..

$$\text{Antioksidan aktivite (\%)} = \left[1 - \frac{\text{Asuş}}{\text{Akontrol}} \right] \times 100 \quad (\text{Denklem 2})$$

(Asuş: suşun absorbans değeri, Akontrol: kontrol grubunun absorbans değeri)

Antimikrobiyal Aktivite

Çalışma kapsamında *N. hansenii* B1 suşunun bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesini belirlemek üzere test kültürü olarak, 3 adet Gram pozitif, 3 adet Gram negatif bakteri türü olmak üzere *Escherichia coli* DSM 1103, *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, *Salmonella* Typhimurium NRRL-B 4420, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P, *Listeria monocytogenes* Scott A ve *L. innocua* ATCC 33090 kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bakteri kültürlerinin hazırlanması için öncelikle -20°C'de %25'lik gliserol stoklarda muhafaza edilen her bir bakteri izolatu TSB besiyerinde 37°C'de 24 sa süreyle iki defa aktifleştirilmiş ve steril PBS ile hücre konsantrasyonu 0.5 McFarland olacak şekilde ayarlandıktan sonra analizlerde kullanılmıştır.

Antimikrobiyal aktivitesi incelenecek olan bakteri suşu ise GYC sıvı besiyerinde geliştirilmiş ve 4500 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiş, santrifüj sonrası süpernatant kısmı alınarak analizde kullanılmıştır.

Analiz kapsamında *N. hansenii* B1 suşunun antimikrobiyal aktivitesi mikro dilüsyon yöntemi (Deng vd., 2014) modifiye edilerek kullanılmış ve bu kapsamda 96 kuyucuklu "U" tipi mikropalakalar kullanılmış ve her bir kuyucuğuna 80 µL Mueller Hinton Broth (MHB, pH 7.0±0.2, Merck) sıvı besiyeri eklenmiştir. Daha sonra mikropalakaların ilk kuyucuklarına iki paralelli olacak şekilde 80 µL *N. hansenii* B1 suşunun süpernatantı ilave edilmiş ve 2 katlı seri dilüsyonları hazırlanmıştır. Ardından MHB içeren kuyucuklara 20 µL test kültürleri (107 KOB/mL) eklenmiştir. Herhangi bir test kültürü içermeyen (*N. hansenii* B1 suşunun süpernatantı ve MHB içeren) kuyucuk negatif kontrol,

yalnızca test kültürünün ilave edildiği diğer bir kuyucuk ise pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Hazırlanan mikropalakalar 37°C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda her bir kuyucuğa 20 µL %0.5'lik (a/h) 2,3,5-trifenil tetrazolyum klorür (TTC, Merck) ilave edilmiş ve 30 dk daha inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda TTC eklenen kuyularda pembe renk alan kuyucuklar üreme pozitif, renksiz kuyucuklar ise negatif olarak değerlendirilmiş ve TTC için renksiz kalan en düşük konsantrasyona sahip kuyucuk MİK değeri olarak belirlenmiştir. *N. hansenii* B1 suşunun test kültürlerine karşı Minimum Bakterisidal Konsantrasyonu (MBK) değerlerinin belirlenmesi amacıyla ise MİK olarak belirlenen ve daha yüksek konsantrasyonlarda *N. hansenii* B1 suşunun süpernatantını içeren kuyucuklardan steril öze yardımıyla TSA besiyerine ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petripler 37°C'de 24 sa inkübasyon sonunda koloni gelişiminin olmadığı petrideki konsantrasyon MBK değeri olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada yapılan analizler üç tekerrür ve iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları SPSS 20 paket programı ile tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları kullanılarak %95 güven aralığında değerlendirilmiştir ($P < 0.05$) (SPSS, 2011).

BULGULAR VE TARTIŞMA

N. hansenii B1 Suşunun Stres Koşullarında Canlılığı

Mikroorganizmaların hem fermente gıdalarda hem de gastrointestinal sistemde etkinlik gösterebilmeleri, düşük pH ve yüksek tuz konsantrasyonu gibi zorlu çevresel koşullara dayanıklılıklarına bağlıdır. Probiyotik aday olarak değerlendirilebilmeleri için ise bu mikroorganizmaların, konakçıya fayda sağlayacak şekilde gastrointestinal sistem boyunca canlılıklarını koruyarak bağırsaklara ulaşmaları gerekmektedir. Bu süreçte en önemli stres faktörlerinden biri de mide ortamının düşük pH değeridir (Topçu vd., 2020; Sionek vd., 2023). Yapılan bu çalışmada da, *N. hansenii* B1 suşunun düşük pH koşullarındaki canlılıkları incelenmiş ve suşun incelenen tüm pH değerlerinde (2, 3 ve 4) canlılıklarını sürdürdüğü tespit edilmiştir (Çizelge 1). Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada, Bajpai & Pandey (2022) kombucha içeceklerinden izole edilen *Acetobacter* sp. ve *Lactobacillus* sp.

suşlarının pH 3'te gelişim gösterebildiğini bildirmiştir. Bir diğer çalışmada, Anadolu alıç yaprakları kullanılarak üretilen kombucha içeceklerinden elde edilen AAB suşlarının büyük çoğunluğunun (*K. saccharivorans*, *K. rhaeticus*, *Komagataeibacter* sp. ve *Gluconobacter* sp.) pH 2, 3 ve 4'te canlılıklarını sürdürdüğü belirtilmiştir (Kilic & Sengun, 2024). Güncel çalışma sonuçları da dahil olmak üzere tüm bu bulgular, iyi bir probiyotik mide sıvısının pH değerinin yaklaşık 3 olması nedeniyle pH 3'te canlı kalabilmesi gerektiği yönündeki ifade ile uyumludur (Mulaw vd., 2019; Liu vd., 2021). Öte yandan, bu çalışmalar düşük pH koşullarındaki canlılığın suşa ve suşun izolasyon kaynağı ile ilişkili olabileceğini de göstermektedir. Ayrıca, mikroorganizmaların asit direncinin

hücre yapısı ile sitoplazma ve hücre zarında bulunan bazı enzimlerin düzeyleriyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Qiu vd., 2021). Öte yandan, mikroorganizmaların düşük pH değerlerinde canlılıklarını sürdürebilmeleri, bu mikroorganizmaların düşük pH'ya sahip fermente gıdaların üretiminde kullanılabilmesi açısından önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (de Miranda vd., 2022; Wang vd., 2024). Bu bağlamda elde edilen bulgular, *N. hansenii* B1 suşunun düşük pH koşullarında gelişim gösterebilmesi nedeniyle fermente gıda uygulamaları için potansiyel bir aday olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. *N. hansenii* B1 suşunun düşük pH, farklı tuz konsantrasyonu ve farklı sıcaklıklarda gelişimleri
Table 1. Growth of the *N. hansenii* B1 strain under low pH, different salt concentrations, and varying temperatures

Ortam (Environment)	Parametre (Parameters)	Sonuç (Conclusion)
Düşük pH'da gelişme <i>Growth at low pH</i>	pH 2	+
	pH 3	+
	pH 4	+
Farklı NaCl konsantrasyonlarında gelişme <i>Growth at different NaCl concentrations</i>	%1.5 (a/h)	+
	%10 (a/h)	+
Farklı sıcaklıklarda gelişme <i>Growth at different temperatures</i>	25°C	+
	37°C	+

Fermente gıdalarda kullanılacak starter kültürlerin yüksek tuz konsantrasyonlarına dayanıklı olması önemli bir teknolojik özelliktir. Bu kapsamda, sosis, kimchi, turşu ve siyah zeytin gibi bazı fermente gıdalar yüksek tuz konsantrasyonları (%10'a kadar) içermekte olup, iyi probiyotik kaynakları olarak kabul edilmektedir. Fermente gıdalarda tuz kullanımı, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini inhibe edebilmekte ve ürünlerin duyuşal özelliklerini iyileştirebilmektedir (Panagou vd., 2011; Zeng vd., 2019; Tamang & Lama, 2022). Bu nedenle, potansiyel probiyotik mikroorganizmaların yüksek tuz konsantrasyonlarında gelişim gösterebilmesi, yüksek tuz içeriğine sahip fermente gıdalarda starter kültür olarak

kullanılmaları açısından önem taşımaktadır (de Albuquerque vd., 2018). Yapılan bu çalışmada da, *N. hansenii* B1 suşunun farklı tuz konsantrasyonlarında gelişimi incelenmiş ve suşun her iki tuz (%1.5 ve %10 NaCl, a/h) konsantrasyonlarında da gelişim gösterebildiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Özellikle %10 (a/h) NaCl varlığında gelişim gözlenmesi, suşun halotolerant özellik taşıdığını ve yüksek tuz içeren fermente ürünlerde kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, Bajpai & Pandey (2022) kombuchadan izole edilen *Acetobacter* sp.'nin %6.5 (a/h) NaCl'ye tolerans gösterdiğini ve optimum gelişimini %3.5 (a/h) NaCl'de gerçekleştirdiğini bildirirken, *Lactobacillus* sp.'nin ise %3.5 (a/h) NaCl'ye tolerans

gösterdiğini ve optimum gelişimini %6.5 (a/h) NaCl'de sağladığını belirtmiştir. Wang vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada ise, kombucha içeceğinden elde edilen *K. rhaeticus*, *A. musti* ve *Gluconobacter potus* türlerine ait dokuz adet AAB suşunun %1 (a/h) NaCl'de gelişebildiği, ancak %2.5, %4, ve %6.5 (a/h) NaCl konsantrasyonlarında gelişim gösteremediği belirtilmiştir. Tüm bu sonuçlar, farklı kaynaklardan izole edilen mikroorganizmaların tür farklılığı olması nedeniyle tuz toleranslarının da değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

N. hansenii B1 suşunun farklı sıcaklıklarda gelişim durumu incelendiğinde ise, bu suşun 25°C ve 37°C'de gelişim gözlenmesi (Çizelge 1), suşun mezofilik karakterde olduğunu ve ayrıca nispeten geniş bir sıcaklık aralığında metabolik aktivitesini sürdürebildiğini ortaya koymaktadır. Wang vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, kombucha içeceğinden izole edilen *K. rhaeticus*, *Acetobacter musti* ve *Gluconobacter potus* türlerine ait AAB suşlarının da benzer şekilde farklı sıcaklıklarda (25°C, 30°C ve 37°C) gelişim gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, Tran-Thi vd. (2026) tarafından yapılan bir çalışmada ise, kombucha içeceğinden izole edilen *N. coicis* suşunun 37°C ve 42°C'de gelişim gösterebildiği bildirilmiştir. AAB'lerin insan gastrointestinal sisteminde aktivasyonuna devam edebilmesi için vücut sıcaklığına uyum sağlayabilmesi önemli bir özellik olarak değerlendirilmektedir (Tran-Thi vd., 2026). Bu kapsamda, mikroorganizmaların 37°C'de gelişim gösterebilmesi, sağlıklı insan vücudunun ortalama sıcaklığı olması nedeniyle probiyotik aday olabilecek mikroorganizmaların belirlenmesinde önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir (Pereira vd., 2012; Pundir vd., 2013). Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar, *N. hansenii* B1 suşunun insan vücudu sıcaklığında gelişim gösterebildiğini ve bu yönüyle probiyotik aday olabilecek mikroorganizmalarda aranan temel özelliklerden birini karşıladığını göstermektedir. Bununla birlikte, gastrointestinal sistem koşullarındaki canlılığın net bir şekilde ortaya konulabilmesi için ileri düzey in vitro ve in vivo çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu sonuçlar *N. hansenii* B1 suşunun farklı stres koşullarına karşı yüksek adaptasyon yeteneğine sahip olduğunu ve bu fonksiyonel özellikleri sayesinde çeşitli biyoteknolojik ve gıda uygulamalarında potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır.

***N. hansenii* B1 Suşunun Antibiyotiklere Karşı Direnci**

Yapılan bu çalışmanın en önemli hedeflerinden biri, sirke

kökenli yerli bir AAB türü olan *N. hansenii* B1 suşunun potansiyel probiyotik olarak değerlendirilmesi ve fonksiyonel gıdaların üretiminde kullanılmasıdır. Bu kapsamda, yapılan bu çalışma kapsamında da incelenen, özellikle klinik açıdan önemli olanlar başta olmak üzere, taşınabilir antibiyotik direnç genlerini kodlayan unsurların varlığı probiyotik aday olabilecek mikroorganizmalar için istenmeyen bir özelliktir (Mathur & Singh, 2005; Salyers vd., 2004). Antibiyotik direnci, tüm mikroorganizmalar için doğal bir hayatta kalma stratejisidir (Smith & Romesberg, 2007) ve mikroorganizmalarda antibiyotik direnci, bu direncin birincil (intrinsik) ya da ikincil (kazanılmış) olmasına bağlı olarak iki farklı (olumlu ve olumsuz) durum gözlemlenebilmektedir (Nataraj vd., 2023). İntrinsik antibiyotik direnci transfer edilebilir olmadığından, özellikle diğer antibiyotiklerle birlikte kullanılması durumunda (örneğin, *Helicobacter pylori* enfeksiyonuna bağlı peptik ülser tedavisinde) probiyotik bakteriler için avantaj olarak değerlendirilmektedir (Eslami vd., 2019). Bu durum, probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemde canlılığını sürdürmesine katkı sağlamaktadır (Wang vd., 2022). Buna karşın, kazanılmış antibiyotik direnci klinik açıdan önemli bir endişe kaynağıdır çünkü antibiyotik direnç genleri in vivo koşullarda patojen mikroorganizmalara aktarılabilen ve bu yüzden potansiyel probiyotik mikroorganizmalar için istenmeyen bir özellik olarak değerlendirilmektedir (Van Reenen & Dicks, 2011; Rokon-Uz-Zaman vd., 2023). Öte yandan, WHO'ne göre antimikrobiyaller, insan sağlığı açısından önem derecelerine göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre, ciddi bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde kritik rol oynayan ve direnç gelişimi açısından yüksek risk taşıyan antimikrobiyaller "kritik öneme sahip (Rank I)", bu kriterlerden en az birini karşılayanlar "yüksek derecede önemli (Rank II)" ve her iki kriteri de karşılamayanlar ise "önemli (Rank III)" antimikrobiyaller olarak değerlendirilmektedir (WHO, 2018).

Tüm bu bilgiler ışığında, yapılan bu çalışmada, zeytin yaprağı sirkesinden elde edilen *N. hansenii* B1 suşunun antibiyotik direnci sefamandol, vankomisin, penisilin, ampicilin, piperasilin, amoksisilin, oksasilin, tetrasiklin, doksisisiklin, kloramfenikol, eritromisin, kanamisin, gentamisin, tobramisin, amikasin, lincomisin, rifampisin, siprofloksasin ve nalidiksik asit olmak üzere 19 farklı antibiyotiğe karşı incelenmiştir (Çizelge 2). Bu antibiyotikler, sefalosporinler, glikopeptidler, penisilinler, tetrasiklinler, fenikoller, makrolidler, aminoglikozidler, linkozamidler, ansamisinler, kinolonlar ve florokinolonlar olmak

üzere, kritik ve yüksek derecede önemli 14 farklı antimikrobiyal sınıfına aittir. Test edilen antibiyotiklerden sefamandol, vankomisin, penisilin, ampicilin, piperasilin, amoksisilin ve oksasilin hücre duvarı sentezi inhibitörleri; tetrasiklin, doksisisiklin, kloramfenikol, eritromisin, kanamisin, gentamisin, tobramisin, amikasin, lincomisin ve rifampisin protein sentezi inhibitörleri; siprofloksasin ve nalidiksik asit ise nükleik asit sentezi inhibitörleri olarak etki gösterdiği belirtilmektedir (WHO, 2018; Gökmen vd., 2024). Elde edilen sonuçlara göre, *N. hansenii* B1 suşunun antibiyotik direnç profili incelendiğinde, suşun özellikle hücre duvarı sentezi inhibitörlerine karşı belirgin bir direnç sergilediği görülmektedir ($P<0.05$) (Çizelge 2). Penisilinler (dar spektrumlu, aminopenisilinler, antistafilokokal ve antipsödomonal türevler), sefalosporinler ve glikopeptitler

gibi farklı sınıflara ait antibiyotiklerin büyük çoğunluğuna karşı dirençli bulunması, bu suşun β -laktam grubu antibiyotiklere karşı geniş kapsamlı bir direnç profiline sahip olduğunu göstermektedir. Protein sentezi inhibitörlerine karşı ise daha değişken direnç sergilemiş, bu kapsamda tetrasiklin, kanamisin, gentamisin ve rifampisine karşı duyarlılık saptanırken, doksisisiklin, kloramfenikol, eritromisin ve linkomisine karşı direnç belirlenmiştir. Ayrıca tobramisin ve amikasinine karşı orta düzey duyarlılık tespit edilmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 2). Nükleik asit sentezi inhibitörleri olan siprofloksasin ve nalidiksik aside karşı da direnç gözlenmesi, özellikle klinik açıdan kritik öneme sahip (Rank I) antibiyotiklere karşı direnç varlığını ortaya koymaktadır (Çizelge 2) (Şekil 1).

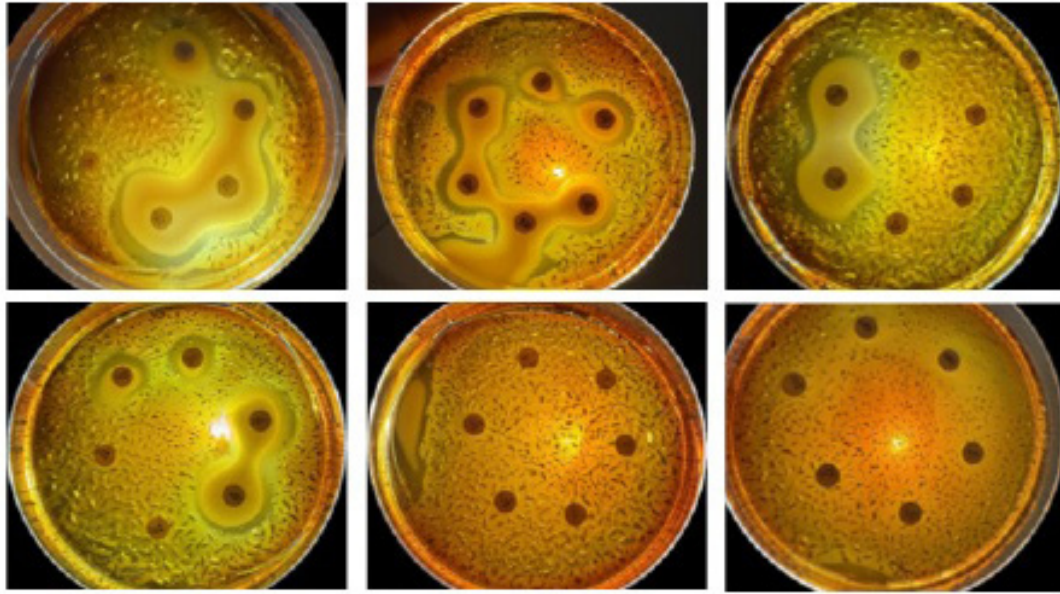
Çizelge 2. *N. hansenii* B1 suşunun antibiyotik direnç profili

Table 2. Antibiotic resistance profile of the *N. hansenii* B1 strain

Antibiyotik aktivitesi <i>Antibiotic activity</i>	Rank*	Antimikrobiyal sınıf <i>Antimicrobial class</i>	Antibiyotikler <i>Antibiotics</i>	<i>N. hansenii</i> strain B1	İnhibisyon zonu (mm) <i>Zone of inhibition (mm)</i>
Hücre duvarı sentezi inhibitörleri (Cell wall synthesis inhibitors)	Rank II	Sefalosporinler	Sefamandol (MA 30)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank I	Glikopeptitler	Vankomisin (VA 30)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank II	Penisilinler (dar spektrumlu)	Penisilin (P 10)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank I	Penisilinler (aminopenisilinler)	Ampisilin (AMP 10)	R	8.00 ± 0.00^b
	Rank I	Penisilinler (antipsödomonal)	Piperasilin (PRL 100)	I	19.00 ± 0.82^c
	Rank I	Penisilinler (beta-laktamaz inhibitörü içeren aminopenisilinler)	Amoksisilin (AMC 25)	I	16.50 ± 0.58^d
	Rank II	Penisilinler (anti-stafilokokal)	Oksasilin (OX 1)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank II	Tetrasiklinler	Tetrasiklin (TE 30)	S	22.25 ± 2.65^f
	Rank II	Doksisisiklin (DO 30)	Doksisisiklin (DO 30)	R	13.50 ± 0.58^c
	Rank II	Fenikoller	Kloramfenikol (C 30)	R	0.00 ± 0.00^a
Protein sentezi inhibitörleri (Inhibitors of protein synthesis)	Rank I	Makrolidler	Eritromisin (E 15)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank I	Aminoglikozidler	Kanamisin (K 30)	S	24.50 ± 2.65^g
		Gentamisin (CN 120)	Gentamisin (CN 120)	S	29.50 ± 0.58^i
		Tobramisin (TOB 10)	Tobramisin (TOB 10)	I	19.50 ± 0.58^e
		Amikasin (AK 30)	Amikasin (AK 30)	I	19.00 ± 0.82^c
	Rank II	Linkozamidler	Lincomisin (MY 15)	R	0.00 ± 0.00^a
	Rank I	Ansamisinler	Rifampisin (RD 5)	S	26.25 ± 1.71^h
	Rank I	Kinolonlar ve Florokinolonlar	Siprofloksasin (CIP 5)	R	0.00 ± 0.00^a
			Nalidiksik asit (NA 30)	R	0.00 ± 0.00^a
			MAR İndeksi	0.58	
Nükleik asit sentezi inhibitörleri (Nucleic acid synthesis inhibitors)					

S: Duyarlı, I: Orta düzey duyarlı, R: Dirençli. *Antimikrobiyal sınıfların sıralaması, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) insan tıbbındaki kritik önem sınıflandırmasına dayanmaktadır. Rank I: Kritik öneme sahip antimikrobiyaller; Rank II: Yüksek derecede önemli antimikrobiyaller. Aynı sütunda yer alan farklı harflere (a, b, c, d, e, f, g, h, i) sahip değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$).

S: Susceptible; I: Intermediate susceptibility; R: Resistant. The classification of antimicrobial classes is based on the World Health Organization prioritization of critically important antimicrobials for human medicine. Rank I: Critically important antimicrobials; Rank II: Highly important antimicrobials. Values with different letters (a, b, c, d, e, f, g, h, i) in the same column are statistically different ($P<0.05$).



Şekil 1. *N. hansenii* B1 suşunun antibiyotik direnci görselleri

Figure 1. Images of the antibiotic resistance of the *N. hansenii* B1 strain

Yapılan bir çalışmada ise, elma sirkesinden izole edilen *A. estunensis*, *A. pasteurianus*, *A. pomorum*, *Gluconoacetobacter entanii*, *K. europaeus*, *K. hansenii*, *K. kakiaceti*, *K. maltaceti*, *K. medellinensis*, *K. melomensus*, *K. oboediens*, *K. pomaceti* ve *K. saccharivorans* türlerine ait 30 farklı AAB suşunun çoğunun eritromisin ve kloramfenikole dirençli, ampiciline ise duyarlı olduğu bildirilmiştir (Cepec & Trček, 2022). Bu sonuçlar, eritromisin ve kloramfenikole direnç açısından çalışmamızla benzerlik göstermektedir (Çizelge 2). Daha önce yapılan bir çalışmada, kombucha içeceğinden izole edilen *N. cocois* türünün test edilen tüm antibiyotik çeşitlerine karşı (rifampisin 30 µg, polimiksin B 300 UI, gentamisin 10 µg, ofloksasin 5 µg, klindamisin 2 µg ve ampicilin 10 µg) karşı duyarlı olduğu belirtilmiştir (Tran-Thi vd., 2026). Bu sonuçlar güncel çalışma sonuçları ile karşılaştırıldığında, *N. hansenii* B1 suşunun rifampisin ve gentamisine karşı duyarlılık göstermesi bakımından benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, *N. cocois* suşunun ampiciline duyarlı olduğu bildirilirken, bu çalışmada kullanılan *N. hansenii* B1 suşunun ampiciline karşı dirençli olduğu belirlenmiştir. Gözlemlenen bu farklılığın, türler arasındaki genetik varyasyonlardan, suşa özgü direnç mekanizmalarından veya izole edildikleri fermentasyon ortamlarının farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu durum, antibiyotik duyarlılık özelliklerinin aynı cins içerisinde yer alan türler ve hatta farklı suşlar arasında değişkenlik gösterebileceğini ortaya

koymaktadır. Başka bir çalışmada ise, meyve sirkelerinden elde edilen *A. fabarum*, *A. ghanensis* ve *A. pasteurianus* gibi AAB suşlarının hücre duvarı sentez inhibitörü olan ampiciline dirençli olduğu belirlenmiş, bu suşların büyük bir çoğunluğunun protein sentezini inhibe eden iki antibiyotiğe (kloramfenikol ve eritromisin) karşı da direnç gösterdiği bildirilmiştir. Buna karşılık, meyve sirkelerinden izole edilen LAB suşlarının ise büyük bir kısmının protein sentez inhibitörü olan kanamisin dirençli olduğu, hücre duvarı sentez inhibitörü olan ampiciline ve protein sentez inhibitörleri olan tetrasiklin, kloramfenikol ve eritromisine karşı duyarlı olduğu belirtilmiştir (Kilic & Sengun, 2026). Tüm bu bulgular, mikroorganizmaların antibiyotik direncinin suşa ve izolasyon kaynağına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Öte yandan, üç veya daha fazla farklı antimikrobiyal sınıfa karşı direnç gösteren suşlar, MAR olarak sınıflandırılmaktadır (Magiorakos vd., 2012). Herhangi bir bakteri türüne ait MAR indeksinin 0.2'den büyük olması, ilgili türün yüksek riskli kontaminasyon kaynakları (örneğin antibiyotiklerin sürekli kullanıldığı ortamlar) olabileceğini göstermektedir (Duche vd., 2023). Yapılan bu çalışma kapsamında da *N. hansenii* B1 suşunun üç veya daha fazla antimikrobiyal sınıfa karşı direnç düzeylerini belirlemek amacıyla MAR indeksleri belirlenmiş ve suşun MAR indeksi 0.58 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Elde

edilen bu sonuç, yüksek riskli kontaminasyon kaynaklarını işaret eden 0.2 eşik değerinin üzerinde olup, bu durum söz konusu suşun çoklu antibiyotik direnci potansiyeli taşıyabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, *N. hansenii* B1 suşunun antibiyotik direnç profili, özellikle potansiyel probiyotik aday olarak kullanım açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Direncin intrinsik ve transfer edilemez nitelikte olması durumunda belirli avantajlar sağlayabileceği öngörülmekle birlikte, olası kazanılmış ve taşınabilir direnç genlerini taşıma riski bulunabildiğinden, bu suşun güvenilirliği açısından moleküler düzeyde ileri analizlerin yapılması gerekmektedir.

Daha önce yapılan bir çalışmada ise, en yüksek MAR indeksleri (MAR:1), incir sirkesinden elde edilen IGFVA8 (*A. ghanensis*) ve IGFVA11 (*A. ghanensis*) suşlarında belirlenmiştir. Bunları yine incir sirkesinden izole edilen IGFVA12 (*A. fabarum*) ve IGFVA10 (*A. ghanensis*) suşları (sırasıyla MAR:0.8 ve 0.6) takip etmiştir. En düşük MAR indeksleri (MAR:0), dut sirkesinden elde edilen IGMVL3 (*Lactocaseibacillus paracasei*) ve elma sirkesinden elde edilen IGAVL1 (*L. paracasei*) suşlarında saptanmıştır. İncelenen tüm LAB suşlarının (IGMVL5 hariç) ve IGPVA2 (*A. ghanensis*) suşunun test edilen antibiyotiklere karşı çoklu antibiyotik dirence sahip olmadığı ve MAR indekslerinin 0.2'nin üzerinde olmadığı belirlenmiştir (Kilic & Sengun, 2026). Bu sonuçlar da, mikroorganizmaların çoklu antibiyotik direncinin suşa ve izolasyon kaynağına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, daha önce yapılan benzer birçok çalışmada probiyotiklerde (ve potansiyel probiyotik AAB ve LAB'de) antibiyotik direncinin veya duyarlılığının fenotipik olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Haghshenas vd., 2015a; Wang vd., 2019; Duskova vd., 2021; Montassier vd., 2021; Ojha vd., 2021). Ancak, antibiyotik direncinin fenotipik olarak belirlenmesinin ardından, özellikle insan ve gıda kaynaklı mikrobiyotalarda bu direncin olası transfer edilebilirliğini ortaya koymak adına moleküler düzeyde ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir (Duche vd., 2023).

***N. hansenii* B1 Suşunun Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesi**

Antioksidan aktivite, radikal reaksiyonlarını sınırlama yeteneği olarak tanımlanmakta ve bu özellik mikroorganizmaların serbest radikallere karşı süpürücü etkiye sahip antioksidan moleküllerine dayanmaktadır (Xu vd., 2022). Bu kapsamda, AAB'ler tarafından üretilen asetik asit, glukuronik asit gibi

organik asitler, fenolik bileşikler ve ekzopolisakkaritler gibi çeşitli biyoaktif bileşenler de antioksidan özellikler göstermekte, serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif hasarı önleyebilmektedir (Martínez-Leal vd., 2020; Chen vd., 2022; Neffe-Skocińska vd., 2023). Yapılan bu çalışma kapsamında da *N. hansenii* B1 suşunun fonksiyonel özelliğini belirlemek üzere, antioksidan aktivitesi belirlenmiş ve bu aktivite DPPH radikalini inhibe etme yeteneği bakımından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, *N. hansenii* B1 suşunun 80.89 ± 0.97 oranında yüksek bir serbest radikal giderme kapasitesine sahip olduğunu göstermiş ve bu özelliği ile fonksiyonel gıda veya biyokoruyucu uygulamalar açısından önemli bir avantaj sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer şekilde, Anadolu alıcı yaprakları kullanılarak üretilen kombucha içeceğinden izole edilen *Gluconobacter* ve *Komagataeibacter* cinslerine ait farklı AAB'lerin büyük bir çoğunluğunun %80'in üzerinde antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Kilic & Sengun, 2024). Başka bir çalışmada ise, Kim vd. (2023) meyve sirkelerinden izole edilen *A. cerevisiae* ve *A. pasteurianus* suşlarının antioksidan aktivitelerinin yaklaşık %50 düzeyinde olduğunu bildirmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, mikroorganizmaların antioksidan özelliklerinin kullanılan test edilen suşa ve suşun izolasyon kaynağına bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir.

Probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemde canlılıklarını sürdürebilmeleri, patojenlerle rekabet edebilmeleri ve konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterebilmeleri için sahip olmaları gereken temel özelliklerden biri de antimikrobiyal aktivitedir (Henning vd., 2015; Son vd., 2017). Probiyotik potansiyele sahip çok sayıda mikroorganizma organik asitler, bakteriyosinler, reuterin, karbondioksit, hidrojen peroksit, etanol ve çeşitli yağ asitleri gibi antimikrobiyal etkili çeşitli metabolitler üretmektedir (İsleroglu vd., 2012; Henning vd., 2015; Son vd., 2017). AAB'leri de özellikle organik asit üretmeleri sayesinde antimikrobiyal aktivite gösterebilmektedir (Haghshenas vd., 2015a). Bu çalışma kapsamında da, zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *N. hansenii* B1 suşunun antimikrobiyal aktivitesi *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *L. innocua*'a karşı mikro dilüsyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Antimikrobiyal aktivite sonuçları incelendiğinde, *N. hansenii* B1 suşunun MİK değerleri test edilen mikroorganizmaya bağlı olarak %0.39 ile %50 aralığında değişkenlik göstermiş ve özellikle *S. aureus*'a karşı belirlenen %0.39'luk MİK değeri, *N. hansenii* B1 suşunun bu mikroorganizmaya karşı yüksek düzeyde

bir inhibitif etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık, *L. monocytogenes* ve *L. innocua* türlerine karşı %25 ve %50 gibi yüksek bir MİK değeri belirlenmiş, bu türlerin *N. hansenii* B1 suşuna karşı daha dirençli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). MBK sonuçları incelendiğinde ise, *N. hansenii* B1 suşu test edilen mikroorganizmalara karşı %50 ile >50 aralığında değişen seviyelerde bakterisidal etki göstermiş (Çizelge 3) ve suşun *E. coli* ve *L. innocua* kültürlerine karşı bakterisidal etkisi diğer test kültürlerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Tran-Thi vd. (2026) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kombucha içeceğinden izole edilen *N. coxii* suşunun *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*'a karşı herhangi bir antimikrobiyal aktivite göstermediği bildirilmiştir. Buna karşın mevcut çalışmada *N. hansenii* B1 suşunun özellikle *S. aureus* başta olmak üzere test edilen tüm patojenlere karşı yüksek düzeyde antimikrobiyal etki göstermesi, aynı cins içerisinde yer alan türler arasında bile antimikrobiyal özelliklerin değişiklik gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu farklılığın suşa özgü metabolik özelliklerden, organik asit gibi antimikrobiyal etkili metabolitlerin üretim düzeylerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, daha önce yapılan bir başka çalışmada ise, kombucha'dan izole edilen *Acetobacter* sp.'nin *Pseudomonas* sp. üzerine 20 mm, *Klebsiella* sp. üzerine 5 mm ve *Staphylococcus* sp. üzerine 10 mm inhibisyon zonu oluşturduğu; *Lactobacillus* sp.'nin *Pseudomonas* sp. üzerine 15 mm ve *Staphylococcus* sp. üzerine ise 20 mm'lik inhibisyon

zonu oluşturarak antimikrobiyal aktivite gösterdiği, ancak test edilen hiçbir mikroorganizmanın *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisininin olmadığı belirtilmiştir (Bajpai & Pandey, 2022). Başka bir çalışmada, süt ürünlerinden izole edilen *A. jysygi* 38Lac suşunun *Serratia marcesens*, *Sa. saprophyticus*, *E. coli* O157:H7 ve *K. pneumoniae*'a karşı 12.0 ve 12.7 mm'lik inhibisyon zonu gösterirken, *A. indonesiensis* 10HN suşunun sadece *S. Typhimurium* üzerine antimikrobiyal aktivite (12.0 mm) gösterdiği bildirilmiştir. Buna ek olarak, *A. cibinongensis* 34L, *A. jysygi* 38Lac ve *A. indonesiensis* 10HN'nin *Ent. faecalis* üzerine antimikrobiyal etkisinin bulunmadığı da belirtilmiştir (Haghshenas vd., 2015a). Yapılan tüm bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, fonksiyonel özellikli farklı mikroorganizma türlerinin antimikrobiyal aktivitesinin kullanılan suş, suşun izolasyon kaynağı ve kullanılan test kültürüne bağlı olarak değişebildiğini göstermekte ve sonuç olarak *N. hansenii* B1 suşunun antimikrobiyal etkinliğinin hedef mikroorganizmaya göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, daha önce de belirtildiği gibi AAB'lerin antimikrobiyal aktivitelerinin temel olarak organik asitler, bakteriyosin benzeri bileşikler ve diğer biyolojik olarak aktif metabolitlerin üretimi ile ilişkili olduğu bildirilmekte (Haghshenas vd., 2015a), bu nedenle, *N. hansenii* B1 suşunda gözlenen antimikrobiyal etkinliğin de benzer mekanizmalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. *N. hansenii* B1 suşunun antimikrobiyal aktivitesi

Table 3. Antimicrobial activity of the *N. hansenii* B1 strain

Aktivite (Activity)	Mikroorganizma (Microorganism)	Sonuç (Conclusion)
MİK değeri (%) MIC value (%)	<i>E. coli</i> DSM 1103	3.13
	<i>E. coli</i> O157:H7 ATCC 35150	6.25
	<i>S. Typhimurium</i> NRRL-B 4420	6.25
	<i>S. aureus</i> ATCC 6538P	0.39
	<i>L. monocytogenes</i> Scott A	50
	<i>L. innocua</i> ATCC 33090	25
MBK değeri (%) MBC value (%)	<i>E. coli</i> DSM 1103	50
	<i>E. coli</i> O157:H7 ATCC 35150	>50
	<i>S. Typhimurium</i> NRRL-B 4420	>50
	<i>S. aureus</i> ATCC 6538P	>50
	<i>L. monocytogenes</i> Scott A	>50
	<i>L. innocua</i> ATCC 33090	50

*MİK: Minimum inhibisyon konsantrasyonu, MBK: Minimum bakterisidal konsantrasyon

*MIC: Minimum inhibitory concentration; MBC: Minimum bactericidal concentration

SONUÇ

Bu çalışmada, zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *N. hansenii* B1 suşunun probiyotik aday olarak değerlendirilebilmesi açısından bazı fonksiyonel özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, suşun düşük pH, yüksek tuz konsantrasyonu ve farklı sıcaklık değerlerinde canlılığını sürdürebildiğini göstermiştir. Bu özellikler ayrıca hem fermente gıdalarda kullanım hem de gastrointestinal sistemde fonksiyonel özellik açısından değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Antibiyotik direnç profili, suşun test edilen çoğu antibiyotik çeşidine karşı dirençli olduğunu ve çoklu antibiyotik direnci (MAR indeksi 0.58) sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, *N. hansenii* B1 suşunun yüksek antioksidan kapasitesi (%80.89) ve test edilen patojen mikroorganizmalara karşı yüksek antimikrobiyal aktivite sergilemesi sayesinde, fonksiyonel gıda ve biyoteknolojik uygulamalar açısından daha fazla güvenlik doğrulaması gerektiren gelecek vaat eden aday olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, *N. hansenii* B1 suşu fermente ürünler ve fonksiyonel gıda uygulamaları için hem biyoteknolojik hem de sağlık destekleyici potansiyele sahip önemli bir mikroorganizma olmakla birlikte, özellikle in vivo klinik çalışmalar başta olmak üzere, probiyotik etkinliklerinin ve güvenilirliklerinin doğrulanması için ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

YAZAR KATKILARI

GK ve GGG fikir/kavram, tasarım, denetleme/danışmanlık, yöntem, analiz ve yorum ile makalenin genel düzeni aşamasına katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulunmuş, son halini okumuş ve onaylamışlardır. Makalenin hazırlanmasında başka kişi ve/veya kurumların katkısı yoktur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makale ile ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

- Acharyya, P. P., Das, O., Kashyap, A., Sarma, R., Dowarah, B., Sarma, M., & Devasish C. (2026). Characterization and application of *Novacetimonas hansenii* BIK1 derived bacterial nanocellulose film for strawberry packaging. *Cellulose*, 1-26.
- Adnan, A. F. M. & Tan, I. K. (2007). Isolation of lactic acid bacteria from Malaysian foods and assessment of the isolates for industrial potential. *Bioresource Technology*, 98(7), 1380-1385.

Agarbatı, A., Canonico, L., Marini, E., Zannini, E., Ciani, M. & Comitini, F. (2020). Potential probiotic yeasts sourced from natural environmental and spontaneous processed foods. *Foods*, 9(3), 287.

Aghazadeh, Z., Pouralibaba, F. & Khosroushahi, A. Y. (2017). The prophylactic effect of *Acetobacter syzygii* probiotic species against squamous cell carcinoma. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 11(4):208-214.

Amara, A. A. & Shibl, A. (2015). Role of probiotics in health improvement, infection control and disease treatment and management. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23(2), 107-114.

Baek, J. H., Kim, K. H., Moon, J. Y., Yeo, S. H. & Jeon, C. O. (2020). *Acetobacter oryzoeni* sp. nov., isolated from Korean rice wine vinegar. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(3), 2026-2033.

Bajpai, S. & Pandey, P. (2022). Potential probiotic properties of kombucha tea beverage and its beneficial effects on human health. *YMER Digital*, 21(5), 834-853.

Brandão, P. R., Crespo, M. T., & Nascimento, F. X. (2022). Phylogenomic and comparative analyses support the reclassification of several *Komagataeibacter* species as novel members of the *Novacetimonas* gen. nov. and bring new insights into the evolution of cellulose synthase genes. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 72(2), 005252.

Cepec, E. & Trček, J. (2022). Antimicrobial resistance of *Acetobacter* and *Komagataeibacter* species originating from vinegars. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 463.

Chen, C., Wu, S., Li, Y., Huang, Y. & Yang, X. (2022). Effects of different acetic acid bacteria strains on the bioactive compounds, volatile compounds and antioxidant activity of black tea vinegar. *LWT- Food Science and Technology*, 171, 114131.

CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) (2012). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing: Twenty- Second Informational Supplement*, CLSI Document M100-S22, Wayne, PA.

de Albuquerque, T. M. R., Garcia, E. F., de Oliveira Araújo, A., Magnani, M., Saarela, M. & de Souza, E. L. (2018). *In vitro* characterization of *Lactobacillus* strains isolated from fruit processing by-products as potential probiotics. *Probiotics & Antimicrobial Proteins*, 10(4), 704-716.

de Miranda, J. F., Ruiz, L. F., Silva, C. B., Uekane, T. M., Silva, K.

- A., Gonzalez, A. G. M. & Adriene Ribeiro, L. (2022). Kombucha: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. *Journal of Food Science*, 87(2), 503-527.
- Deng, Y., Yang, G., Yue, J., Qian, B., Liu, Z., Wang, D. & Yanyun Z. (2014). Influences of ripening stages and extracting solvents on the polyphenolic compounds, antimicrobial and antioxidant activities of blueberry leaf extracts, *Food Control*, 38, 184-191.
- Duche, R. T., Singh, A., Wandhare, A. G., Sangwan, V., Sihag, M. K., Nwagu, T. N. T. & Lewis, I. Z. (2023). Antibiotic resistance in potential probiotic lactic acid bacteria of fermented foods and human origin from Nigeria. *BMC Microbiology*, 23(1), 142.
- Duskova, M., Morávková, M., Mrázek, J., Florianová, M., Vorlová, L. & Karpíšková, R. (2021). Assessment of antibiotic resistance in starter and non-starter lactobacilli of food origin. *Acta Veterinaria Brno*, 89(4), 401-411.
- Esezi-Ovila, O., Akani, N. P., Amadi, L. O. & Ugboma, C. J. (2023). Investigation of the probiotic potentials of lactic acid bacteria isolated from palm wine, cabbage, ogi, and tiger nuts. *International Journal of Microbiology and Applied Sciences*, 2(2), 116-123.
- Eslami, M., Yousefi, B., Kokhaci, P., Moghadas, A. J., Moghadam, B. S., Arabkari, V. & Niazi, Z. (2019). Are probiotics useful for therapy of *Helicobacter pylori* diseases?. *Comparative Immunology, Microbiology & Infectious Diseases*, 64, 99-108.
- Gökmen, G. G., Saniyıldız, S., Cholakov, R., Nalbantsoy, A., Baler, B., Aslan, E. & Duygu, K. (2024). A novel *Lactiplantibacillus plantarum* strain: Probiotic properties and optimization of the growth conditions by response surface methodology. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(2), 66.
- Haghshenas, B., Nami, Y., Abdullah, N., Radiah, D., Rosli, R. & Khosroushahi, A. Y. (2015b) Anticancer impacts of potentially probiotic acetic acid bacteria isolated from traditional dairy microbiota. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 690-697.
- Haghshenas, B., Nami, Y., Abdullah, N., Radiah, D., Rosli, R., Barzegari, A. & Khosroushahi, A. Y. (2015a). Potentially probiotic acetic acid bacteria isolation and identification from traditional dairies microbiota. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(4), 1056-1064.
- Han, D., Yang, Y., Guo, Z., Dai, S., Jiang, M., Zhu, Y., & Yongjian, Y. (2024). A review on the interaction of acetic acid bacteria and microbes in food fermentation: a microbial ecology perspective. *Foods*, 13(16), 2534.
- Henning, C., Gautam, D. & Muriana, P. (2015). Identification of multiple bacteriocins in *Enterococcus* spp. using an *Enterococcus*-specific bacteriocin PCR array. *Microorganisms*, 3(1), 1-16.
- Isleroglu, H., Yildirim, Z., Tokatli, M., Oncul, N. & Yildirim, M. (2012). Partial characterisation of enterocin KP produced by *Enterococcus faecalis* KP, a cheese isolate. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), 90-97.
- Karabiyikli, S. & Sengun, I. Y. (2017) Beneficial effects of acetic acid bacteria and their food products. I. Y. Sengun (Ed.), *Acetic acid bacteria: Fundamentals and Food Applications* (pp. 221-242). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Kılıç, G. (2026). Thin films coating with ZnO nanoparticles synthesized via acetic acid bacteria: Structural and antibacterial characterization for food applications. *3 Biotech*, 16(4), 122.
- Kilic, G. & Sengun, I. Y. (2024). As next-generation probiotics: acetic acid bacteria isolated from Kombucha beverages produced with Anatolian hawthorn leaves. *International Microbiology*, 1-23.
- Kilic, G. & Sengun, I. Y. (2026). Multifunctional properties of vinegar-derived acetic acid bacteria and lactic acid bacteria: Innovative potential probiotics. *Journal of Food Science*, 91(1), e70775.
- Kim, D. H., Kim, H. & Seo, K. H. (2020). Microbial composition of Korean kefir and antimicrobial activity of *Acetobacter fabarum* DH1801. *Journal of Food Safety*, 40(1), 12728.
- Kim, H., Shin, M., Ryu, S., Yun, B., Oh, S., Park, D. J. & Kim, Y. (2021). Evaluation of probiotic characteristics of newly isolated lactic acid bacteria from dry-aged hanwoo beef. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 468-480.
- Kim, S. H., Jeong, W. S., Kim, S. Y. & Yeo, S. H. (2023). Quality and functional characterization of acetic acid bacteria isolated from farm-produced fruit vinegars. *Fermentation*, 9(5), 447.
- Krumperman, P. H. (1983). Multiple antibiotic resistance indexing of *Escherichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 46(1), 165-170.
- Lavasani, P. S., Motevaseli, E., Sanikhani, N. S. & Modarressi, M. H. (2019). *Komagataeibacter xylinus* as a novel probiotic candidate with high glucose conversion rate properties. *Heliyon*, 5(4), 01571.

- Lee, Y. K. & Salminen, S. (2009). *Handbook of Probiotics and Prebiotics*. John Wiley & Sons..
- Limbad, M. J., Maddox, N. G., Hamid, N. & Kantono, K. (2024). Functional properties of microorganisms isolated from formulated sourdough, coconut water kefir, and kefir. *Fermentation*, 10(7), 327.
- Liu, Z., Xu, C., Tian, R., Wang, W., Ma, J., Gu, L., & Juncai, H. (2021). Screening beneficial bacteriostatic lactic acid bacteria in the intestine and studies of bacteriostatic substances. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 22(7), 533-547.
- Magiorakos, A. P., Srinivasan, A., Carey, R. B., Carmeli, Y., Falagas, M. E., Giske, C. G. & Dominique, L. M. (2012). Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical Microbiology and Infection*, 18(3), 268-281.
- Markowiak, P. & Slizewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
- Martínez-Leal, J., Ponce-García, N. & Escalante-Aburto, A. (2020). Recent evidence of the beneficial effects associated with glucuronic acid contained in kombucha beverages. *Current Nutrition Reports*, 9(3), 163-170.
- Mathur, S. & Singh, R. (2005). Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria-a review. *International Journal of Food Microbiology*, 105, 281-295.
- Montassier, E., Valdés-Mas, R., Batard, E., Zmora, N., Dori-Bachash, M., Suez, J. & Elinav, E. (2021). Probiotics impact the antibiotic resistance gene reservoir along the human GI tract in a person-specific and antibiotic-dependent manner. *Nature Microbiology*, 6(8), 1043-1054.
- Mulaw, G., Tessema, T. S., Muleta, D. & Tesfaye, A. (2019). *In vitro* evaluation of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from some traditionally fermented Ethiopian food products. *International Journal of Microbiology*, 2019(1), 7179514.
- Nagarathinam, A. & Sundharam, S. P. (2017). Antimicrobial activity and characterization of bacteriocin of *Acetobacter tropicalis* s3o1: A novel methionine producing bacteria isolated from sago industrial waste. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 813-819.
- Nataraj, B. H., Behare, P. V., Yadav, H. & Srivastava, A. K. (2023). Emerging preclinical safety assessments for potential probiotic strains: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-29.
- Neffe-Skocińska, K., Karbowski, M., Kruk, M., Kolożyn-Krajewska, D. & Zielińska, D. (2023). Polyphenol and antioxidant properties of food obtained by the activity of acetic acid bacteria (AAB)-A systematic review. *Journal of Functional Foods*, 107, 105691.
- Ojha, A. K., Shah, N. P. & Mishra, V. (2021). Conjugal transfer of antibiotic resistances in *Lactobacillus* spp. *Current Microbiology*, 78(8), 2839-2849.
- Panagou, E. Z., Hondrodinou, O., Mallouchos, A. & Nychas, G. J. (2011). A study on the implications of NaCl reduction in the fermentation profile of *Conservolea* natural black olives. *Food Microbiology*, 28(7), 1301-1307.
- Pereira, G. V. D. M., Miguel, M. G. D. C. P., Ramos, C. L. & Schwan, R. F. (2012). Microbiological and physicochemical characterization of small-scale cocoa fermentations and screening of yeast and bacterial strains to develop a defined starter culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(15), 5395-5405.
- Pitiwittayakul, N., Theeragool, G., Yukphan, P., Chaipitakchonlatarn, W., Malimas, T., Muramatsu, Y. & Yuzo, Y. (2016). *Acetobacter suratthanensis* sp. nov., an acetic acid bacterium isolated in Thailand. *Annals of Microbiology*, 66(3), 1157-1166.
- Pramanik, S., Venkatraman, S., Karthik, P. & Vaidyanathan, V. K. (2023). A systematic review on selection characterization and implementation of probiotics in human health. *Food Science and Biotechnology*, 1-18.
- Pundir, R. K., Kashyap, S. R. N. & Kaur, A. (2013). Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from food samples: an *in vitro* study. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(3), 085-093.
- Qiu, X., Zhang, Y. & Hong, H. (2021). Classification of acetic acid bacteria and their acid resistant mechanism. *AMB Express*, 11(1), 29.
- Rokon-Uz-Zaman, M., Bushra, A., Pospo, T. A., Runa, M. A., Tasnuva, S., Parvin, M. S. & Islam, M. T. (2023). Detection of antimicrobial resistance genes in *Lactobacillus* spp. from poultry probiotic products and their horizontal transfer among *Escherichia coli*. *Veterinary and Animal Science*, 100292.
- Salyers, A., Gupta, Y. & Wang, Y. (2004). Human intestinal bacteria as reservoirs for antibiotic resistance genes. *Trends Microbiology*, 12(9), 412-416.

- Sathianathan, N., Karri, R. R., Gunavijayan, G., Raj, A., Mubarak, N. M., Latha, V., & Sudarsanakumar, C. (2025). Optimisation of bacterial cellulose production by *Novacetimonas hansenii* isolated from pomegranate fruit wastes. *Journal of Molecular Liquids*, 422, 126912.
- Sengun, I. Y., Yalcin, H. T., Kilic, G., Ozturk, B., Peker, A. K., Terzi, Y. & Atlama, K. (2024). Identification of lactic acid bacteria found in traditional Shalgam juice using 16S rRNA sequencing and evaluation of their probiotic potential *in vitro*. *Food Bioscience*, 60, 104300.
- Sharma, P., Tomar, S. K., Sangwan, V., Goswami, P. & Singh, R. (2016). Antibiotic resistance of *Lactobacillus* sp. isolated from commercial probiotic preparations. *Journal of Food Safety*, 36(1), 38-51.
- Sionek, B., Szydłowska, A., Zielińska, D., Neffe-Skocińska, K. & Kolożyn-Krajewska, D. (2023). Beneficial bacteria isolated from food in relation to the next generation of probiotics. *Microorganisms*, 11(7), 1714.
- Smith, P. A. & Romesberg, F. E. (2007). Combating bacteria and drug resistance by inhibiting mechanisms of persistence and adaptation. *Nature Chemical Biology*, 3(9), 549-556.
- Son, S. H., Jeon, H. L., Jeon, E. B., Lee, N. K., Park, Y. S., Kang, D. K. & Paik, H. D. (2017) Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* Ln4 from kimchi: Evaluation of β -galactosidase and antioxidant activities. *LWT-Food Science and Technology*, 85, 181-186.
- Srikanth, R., Siddartha, G., Reddy, C. H. S. S. S., Harish, B. S., Ramaiah, M. J. & Uppuluri, K. B. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory levan produced from *Acetobacter xylinum* NCIM2526 and its statistical optimization. *Carbohydrate Polymers*, 123, 8-16.
- Sui, Y., Liu, J., Liu, Y., Wang, Y., Xiao, Y., Gao, B. & Zhu, D. (2021). *In vitro* probiotic characterization of *Lactobacillus* strains from fermented tangerine vinegar and their cholesterol degradation activity. *Food Bioscience*, 39, 100843.
- Tamang, J. P. & Lama, S. (2022). Probiotic properties of yeasts in traditional fermented foods and beverages. *Journal of Applied Microbiology*, 132(5), 3533-3542.
- Tambekar, D. H. & Bhutada, S. A. (2010). An evaluation of probiotic potential of *Lactobacillus* sp. from milk of domestic animals and commercial available probiotic preparations in prevention of enteric bacterial infections. *Recent Research in Science and Technology*, 2(10).
- Timmerman, H. M., Koning, C. J. M., Mulder, L., Rombouts, F. M. & Beynen, A. C. (2004). Monostrain, multistrain and multispecies probiotics- A comparison of functionality and efficacy. *International Journal of Food Microbiology*, 96(3), 219-233.
- Topçu, K. C., Kaya, M. & Kaban, G. (2020). Probiotic properties of lactic acid bacteria strains isolated from pastırma. *LWT-Food Science and Technology*, 134, 110216.
- Tran-Thi, T., Nong-Thi, A. T., Le-Thi, L., Le-Thi, K. A., Phan, N. H. & Tran, K. D. (2026). The qualities and sensory properties of kombucha tea fermented with *Novacetimonas cocois* Kbb706: a novel probiotic acetic acid bacterium isolated from traditional kombucha. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 20(1), 988-1000.
- Tseng, Y. S., Verma, M., Nguyen, T. B., Chen, C. W. & Dong, C. D. (2026). In situ microplastics immobilization by bacterial cellulose-producing strain, *Novacetimonas hansenii* PA9. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151203.
- Van Reenen, C. A. & Dicks, L. M. T. (2011). Horizontal gene transfer amongst probiotic lactic acid bacteria and other intestinal microbiota: what are the possibilities? A review. *Archives of Microbiology*, 193(3), 157-168.
- Wang, B., Rutherford-Markwick, K., Liu, N., Zhang, X. X. & Mutukumira, A. N. (2024). Probiotic potential of acetic acid bacteria isolated from kombucha in New Zealand *in vitro*. *The Microbe*, 4, 100130.
- Wang, K., Zhang, H., Feng, J., Ma, L., de la Fuente-Núñez, C., Wang, S. & Lu, X. (2019). Antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from dairy products in Tianjin, China. *Journal of Agriculture and Food Research*, 1, 100006.
- Wang, Y., Dong, J., Wang, J., Chi, W., Zhou, W., Tian, Q. & Aoyisius, W. (2022). Assessing the drug resistance profiles of oral probiotic lozenges. *Journal of Oral Microbiology*, 14(1), 2019992.
- WHO (World Health Organization) (2018). List of critically important antimicrobials for human medicine, Ranking of medically important antimicrobials for risk management of antimicrobial resistance due to non-human use. 6th revision, 1-52.
- WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization) (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. https://isappsscience.org/wp-content/uploads/2019/04/probiotic_guidelines.pdf
- Xu, H., Hong, J. H., Kim, D., Jin, Y. H., Pawluk, A. M. & Mah, J.

H. (2022). Evaluation of bioactive compounds and antioxidative activity of fermented green tea produced via one-and two-step fermentation. *Antioxidants*, 11(8), 1425.

Yan, J., Huang, Y., Gao, Z., Zhang, Z., Gu, Q. & Li, P. (2023). Probiotic potential of *Lactiplantibacillus plantarum* ZFM4 isolated from pickles and its effects on human intestinal microecology. *LWT-Food Science and Technology*, 184, 114954.

Zeng, X., Fan, J., He, L., Duan, Z. & Xia, W. (2019). Technological properties and probiotic potential of yeasts isolated from traditional low-salt fermented Chinese fish Suan yu. *Journal of Food Biochemistry*, 43(8), 1-14.

Nasıl Atıf Yapılır?:

Kılıç G., Gökmen G.G. (2026) Zeytin yaprağı sirkesinden izole edilen *Novacetiomonas hansenii* suşunun çoklu antibiyotik direnci, antimikrobiyal aktivite ve bazı fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. *GIDA* (2026) 51 (4) 818-832
doi: 10.15237/gida.GD26038

Cite this article as:

Kılıç G., Gökmen G.G. (2026) Investigation of multiple antibiotic resistance, antimicrobial activity, and some functional properties of *Novacetiomonas hansenii* strain isolated from olive leaf vinegar. *GIDA* (2026) 51 (4) 818-832 doi: 10.15237/gida.GD26038