

**Atıf İçin:** Eren, O. ve Şakiroğlu, H. (2025). Ekzopolisakkaritlerin Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(4), 1371-1382.

**To Cite:** Eren, O. & Şakiroğlu, H. (2025). Use of Exopolysaccharides in Food Technology. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 15(4), 1371-1382.

## **Ekzopolisakkaritlerin Gıda Teknolojisinde Kullanımı**

Osman EREN<sup>1</sup>, Halis ŞAKİROĞLU<sup>2</sup>

### **Öne Çıkanlar:**

- Ekzopolisakkaritlerin gıda alanında kullanımı
- Bakteriye ekzopolisakkaritler
- Ekzopolisakkaritlerin özellikleri

### **Anahtar Kelimeler:**

- Ekzopolisakkaritler
- Gıda Tenolojisi
- Emülgatör
- Gıda koruyucu
- Katkı maddesi
- Su bağlayıcı

### **ÖZET:**

Ekzopolisakkaritler bakteriler, mantarlar ve bitkiler gibi farklı canlılar tarafından üretilen organik polimerik yapılardır. Bu polimerik madde esas olarak şeker ünitelerinin düz veya dallanmış şekilde birleşmesi ile meydana gelir. Bu yapı çok karmaşık bir yapı olup dallanma ile oluşan zincirler dahil yeni dallanmalar oluşabilir. Ekzopolisakkaritin yapısında sadece sakkarit monomerler yoktur. Bu yapıda aynı zamanda fosfolipitler, proteinler, aminoasitler, organik asitler, şekerlerin monomer türevleri dahil çeşitli organik yapılar bulunabilir. Bu yapıda tek bir şeker çeşidi varsa homopolisakkarit eğer birden fazla şeker çeşidi var ise heteropolisakkaritler oluşur. Bakterilerin ürettiği polisakkaritlerin asıl amacı biyofilm tabakasının ana yapısını oluşturmak ve bakteriyi olumsuz çevre şartlarına karşı korumaktır; fakat bu yapı o kadar işlevseldir ki gıda alanından tıbbi tedavilere kadar birçok alanda kullanıma potansiyeline sahiptir. Antitümör, antioksidan, antimikrobiyal, immünomodülatör gibi özellikleri barındırmasının yanı sıra gıda alanında emülgatör, hidrokoloid, su tutucu, gıda koruyucu gibi çok farklı rolleri mevcuttur. Bu derleme, son yıllarda konuya ilişkin yapılmış bazı dikkate değer araştırmaları bütüncül bir şekilde ele almayı ve bu doğrultuda gelecekte gerçekleştirilebilecek çalışmalar için öngörü ve öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

## **Use of Exopolysaccharides in Food Technology**

### **Highlights:**

- Use of exopolysaccharides in food
- Bacterial exopolysaccharides
- Properties of exopolysaccharides

### **Keywords:**

- Exopolysaccharides
- Food Technology
- Emulsifier
- Food preservative
- Additives
- Water binder

### **ABSTRACT:**

Exopolysaccharides are organic polymeric structures produced by different organisms such as bacteria, fungi and plants. This polymeric substance is mainly composed of straight or branched sugar units. This structure is a very complicated structure and new branches can be formed, including chains formed by branching. In the structure of the exopolysaccharide there are not only saccharide monomers. This structure may also contain various organic structures including phospholipids, proteins, amino acids, organic acids, monomer derivatives of sugars. If there is only one type of sugar in this structure, homopolysaccharide, if there is more than one type of sugar, heteropolysaccharides are formed. The main purpose of polysaccharides produced by bacteria is to form the main structure of the biofilm layer and protect the bacteria against unfavourable environmental conditions; however, this structure is so functional that it has the potential to be used in many areas from food to medical treatments. In addition to having properties such as antitumor, antioxidant, antimicrobial, immunomodulatory, they have many different roles such as emulsifier, hydrocolloid, water retainer, food preservative in the food field. This review aims to comprehensively examine a selection of noteworthy studies conducted in recent years and to provide insights and recommendations for future investigations based on the current state of knowledge.

<sup>1</sup>Osman EREN ([Orcid ID: 0000-0002-2016-7671](https://orcid.org/0000-0002-2016-7671)), Halis ŞAKİROĞLU ([Orcid ID: 0000-0002-2964-4497](https://orcid.org/0000-0002-2964-4497)), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ağrı, Türkiye

**\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Osman EREN, e-mail: osmaneren2@gmail.com

## GİRİŞ

Ekzopolisakkaritler (EPS) monosakkaritlerin glikozidik bağ aracılığıyla bir araya gelerek oluşturmuş oldukları polimerik bileşiklerdir. Bu bileşikler suda çözünebilen, düz veya dallanmış ve iyonik veya iyonik olmayan özelliklere sahip olabilirler. Bileşiğin temel zinciri olan monosakkaritler genelde heksozlar olmalarına rağmen bazen de pentozlar bu yapıyı oluşturabilir (Ergene ve Avcı 2016). EPS'nin yapısında polisakkaritler hariç nükleik asitler, proteinler, fosfolipitler ve şekerlerin amin türevleri gibi farklı öğeler de olabilir. EPS, bitkiler, bakteriler, mantarlar, mayalar, küfler ve bazı arke türleri tarafından üretilabilir olsa da en iyi verimin bakteriler tarafında üretilen EPS'ler olduğu belirlenmiştir. EPS'nin molekül ağırlığı değişkenlik gösterebilir ve molekül ağırlığı EPS'yi üreten türe ve ortam koşullarına bağlı olarak değişir (Donot ve ark., 2012; Özcan ve Öner 2015; Achal ve ark., 2017). EPS, hücre ile kovalent bağlı ve zor ayrılan kapsüler (CPS) karbohidratlar ve hücre ile zayıf etkileşimlerle bağlı veya bağlı olmayan, hücre dışında bulunan ve mukus yapıda olan ekzopolisakkaritler (EPS) olarak ikiye ayrılır (Kaur ve Dey, 2023). EPS'ler kimyasal yapılarına göre ikiye ayrılır. Polisakkarit zinciri eğer tek çeşit bir monosakkarit içeriyorsa bunlar homopolisakkaritler, (HoPS) eğer zincir birden fazla çeşitten oluşuyorsa heteropolisakkaritler (HePS) olarak isimlendirilir ve yapı birbirine glikozidik bağlarla bağlıdır. EPS'ler, suda çözünebilen iyonik veya iyonik olmayan, bir veya birden fazla sakkarit monomeri içeren, düz veya dallanmış yapıda olabilirler. (De Vuyst ve ark., 2001; Ergene ve Avcı, 2016). EPS'lerin malzeme ve yapısal özellikleri hem endüstri alanında hem de tıbbi alanda önemli bir potansiyel beklenti oluşturmuştur. Farmakolojik, nutrasötik, kozmetik, herbisit, pestisit ve fonksiyonel gıda gibi alanlarda mevcut kullanılan EPS'lerin yanı sıra yenilerinin bulunup ve daha etkin şekilde kullanılma beklentisi oluşmuş iken tıbbi alanda ise immünomodülasyon, antikanser, antikoagülan, biyoflokülan ve antitrombotik özelliklere sahip EPS'lerin etkin olabileceği belirtilmektedir (Nwodo ve ark., 2012). Bu polimerik karbohidrat yapıların bakteriye birçok yönden olumlu katkıları mevcut olup örneğin bakteriyi susuz ortamda kurumaya karşı koruyabilir, fagositoz'u engelleyebilir, çevre ile iletişimde katkılar sunabilir, antibiyotikler başta olmak üzere çeşitli ekolojik streslere karşı bariyer görevi görebilir. Bakterilerin EPS üretimleri pH, sıcaklık, aktivatör-inhibitör varlığı gibi faktörlerden etkilenirler (Singh ve ark., 2021).

Bu derleme, son yıllarda konuya ilişkin yapılmış bazı dikkate değer araştırmaları bütüncül bir şekilde ele almayı ve bu doğrultuda gelecekte gerçekleştirilebilecek çalışmalar için öngörü ve öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

EPS'ler farklı amaçlarla gıda endüstrisinde kullanılabilmektedir. Örneğin bu alanda emülgatör, antibakteriyel ve antioksidan ajan olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir (Soyuçok ve Başyigit Kılıç, 2016). Yapılan bir araştırmada probiyotik *Lactobacillus plantarum* 47FE, *Lactobacillus pentosus* 68FE ve *Lactobacillus pentosus* 14FE den molekül ağırlığı 18 ile 104 kDa aralığında değişen EPS'ler elde edilmiştir. Yapılan analizler, EPS'lerin gıda sanayinde emülsifiye edici ajan olarak kullanılabileceğini göstermiştir. EPS'lerin düşük konsantrasyonları bile 48 saat sonra %53 ile 83 arasında bir emülsifiye edici oran göstermiştir ki bu sonuçtan dolayı bu EPS'lerin etkili bir emülgatör olduğu ifade edilebilmiştir. Ürünler ayrıca antioksidan ve antibakteriyel gibi farklı etkilerde göstermiştir. Bu çalışmada bildirilen sonuçlara göre *Lactobacillus pentosus* 14FE'den elde edilen EPS'nin üretim verimliliği düşüktür. Geri kalan iki bakteriden elde edilen EPS verimi 11 g/L'nin üzerinde olduğu için ticari olarak kullanılabilir; ama 14FE'den elde edilen verim 4.15 g/L olduğundan endüstriyel ölçekte kullanılabilmesi için daha etkin metotların geliştirilmesi gerekmektedir (Mıdık 2011; Saif ve ark., 2020).

Yapılan bir araştırmada EPS'nin emülsifikasyon yeteneğinden yararlanan araştırmacılar *Weissella confusa* KR780676'dan HoPS yapıda galaktan kökenli bir EPS izole edip bunu vanilya, kakule ve ananas gibi farklı aromalarla değerlendirmişlerdir. Çalışmada NaCl, KCl ve sıcaklığın emülsiyon kararlılığı ve emülsiyon aktivitesine olan etkileri de incelenmiştir. Emülsiyon termal kararlılığı vanilya ve ananas için belirli sıcaklıklarda % 100 iken kakule için bu değer sıcaklığa göre değişim göstermiştir. Yine vanilya ve ananas NaCl varlığında iyi kararlılık gösterirken kakule daha az stabil sonuçlar sergilemiştir. KCl için de her üç aroma da güzel sonuçlar vermiştir. Tüm bu sonuçlardan hareketle yazarlar, bu EPS'nin gıda ve ilaç endüstrisinde iyi bir emülsifiye edici potansiyeli taşıdığını rapor etmişlerdir (Kavitake ve ark., 2019).

EPS'lerin gıda teknolojisindeki yararlarından biri de su tutma kapasitesini ve viskoziteyi olumlu yönde geliştirmesidir. Örneğin Yapılan bir araştırmada Nijerya'da tüketilen alkolsüz, fermente ve geleneksel bir içecek olan kunu zaki'nin fermentasyona uğraması için EPS üreten laktik asit bakterileri %5 sakkaroz ilavesi ile başlatıcı kültür olarak kullanılmıştır. Sakkaroz içermeyen örnek ile karşılaştırıldığında sakkaroz içeren örneğin faz ayrımı göstermediği belirlenmiş olup araştırmacılar bunun sebebi olarak EPS'nin su tutma kapasitesini ve tahıl proteinleriyle olan etkileşiminden kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir. Yüksek EPS içeren örneklerin daha iyi ağız hissi oluşturduğu ve daha az su saldıgını belirten araştırmacılar yüksek verim sayesinde bu EPS'nin izole edilip farklı gıda maddelerinde de kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu bakterilerin EPS üretimi de 11.93 g/L ve 11.70 g/L gibi ticari olarak da üretilebilecek seviyelerde olduğu rapor edilmiştir. (Oguntoyinbo ve ark., 2011; Ogunremi ve ark., 2022).

Nisin, *Lactococcus lactis* tarafından üretilen bir bakteriyosindir ve dolayısıyla bir gıda koruyucu ajan olarak kullanılabilir. Nisin, özellikle gram pozitif karakterli patojenik bakterilere karşı geniş bir spektruma sahiptir. Katyonik olan bu madde ile membran fosfolipitleri arasında elektrostatik bir çekim oluşur ve hidrofobik N-terminali sayesinde lipid bariyerine yerleşip hücre geçirgenliğini artırır ve hücre için toksik bileşiklerin nüfuz etmesini kolaylaştırır. Örneğin nisin *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* gibi gram pozitif bakterileri inhibe ettiğine dair çalışmalar rapor edilmiştir (Martin ve ark., 1996; Belfiore ve ark., 2007; Rai ve ark., 2016; Uçar, 2020). Nisin Avrupa Birliğinde Nitelikli Güvenlik Varsayımı (QPS) statüsünde olan bir gıda katkı maddesi olup aynı zamanda FDA tarafından genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS) bir metabolittir. Fakat Nisin'in dezavantajı doğrudan uygulandığında etkinliğinin değişebilmesidir. Nisin, proteolitik enzimlerce inhibe edilebilir veya gıdanın yağ içeriği ve pH'sı gibi faktörler nisin etkinliğinde değişime neden olabilir. Bunu engellemek için Nisin'in kapsüllenerek ilave edilmesi önerilmektedir. Endüstride kullanılan çeşitli metotların yanı sıra hala laboratuvar ortamında denenilen metotlar da mevcuttur (Gharsallaoui ve ark., 2016; Abid ve ark., 2019). Araştırmacılar probiyotik özellik taşıyan *Bacillus tequilensis* ve *Leuconostoc citreum*'dan farklı EPS'ler üretilip bu EPS'leri püskürtmeli kurutma sistemi ile nisin'in kaplamasında kullandıklarını bildirmişlerdir. Yapılan çalışma neticesinde *Bacillus tequilensis*'den elde edilen EPS'nin Nisin kaplamasında kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlara göre nisin kaplamasında püskürtmeli metodun kullanılması yüksek sıcaklığın polimerlerin yapısını bozabilmesi, dehidratasyon gibi sebeplerle konformasyonel değişimlerin yaşanması gibi sonuçlar ve nihayetinde nisin etkinliğinde azalma görülebilme ihtimali metodun önündeki aşılması gereken önemli engellerden birisini oluşturmaktadır (Abid ve ark., 2019).

EPS, gıda maddelerinin kaplamasında da kullanılabilir. Araştırmacılar bir EPS olan ksantan gam'ın (KG) sinnamik asitle (SA) kompoze edilmesinin armut meyvesinin dilimlenmesinden sonra renk parlaklığını ve esmerleşme indeksini nasıl etkileyeceğini araştırmışlardır. Ksantan gam'ın

sinnamik asit ile kombine edildiği armutlarda daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Sharma ve Rao, 2015). Fakat sinamik asidin sodyum klorit ile muamele edilmesiyle karşılaştırıldığında sodyum kloritli işlemin daha iyi sonuçlar verdiği de görülmektedir (Lu ve ark., 2007). KG ve SA kompozisyonu önemli bir antioksidan ajan olan askorbik asit, antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşiklerin korunması yönünden armut dilimlerinde diğer gruplardan herhangi bir farklılık göstermemiştir. Çalışmanın neticesine göre KG ve SA ile kaplanan dilimli meyvelerin mikrobiyal kalitesi kontrol grubu ile aynıydı. Çalışmada elde edilen bir diğer bulguya göre, armutta enzimatik esmerleşmeden sorumlu olan PPO ve Peroksidaz (POX) aktivitesini de KG ve SA kombinasyonunun diğer kombinasyona ve kontrol grubuna göre nispeten azalttığı ve depolama süresini daha uzattığı rapor edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre bu kombinasyonun enzimatik esmerleşmeyi önlediği, raf ömrünü uzattığı ve gıda korumasında önerilebileceği belirtilse de yine de çalışmanın daha iyi kanıtlara ihtiyacı bulunmaktadır. (Sharma and Rao, 2015). Polifenoloksidaz (PPO) gıdalarda enzimatik esmerleşmeden sorumlu bir enzimdir ve çoğu durumda arzu edilen değişimlere sebep olmaz. PPO gıdanın tadını, görünüşünü ve besleyici değerini düşürmektedir (Tilley ve ark., 2023) .

Et, canlı hayvan kesildikten sonra 24 saat içinde 0-4 °C'ye getirilmesi gereken oldukça değerli bir gıda maddesidir. Kesme ve diğer işlemler esnasında mikrobiyal bulaşmaya maruz kalıp kalitesini kaybedebilir ve insan için zararlı maddeler üretebilir. Bu sebeple etin mikrobiyal bulaşmalardan korunması ve kalite öğelerini muhafaza etmesi son derece önemlidir. Petrol bazlı polimerik yapılar yoğun kullanılsa da bunların ekolojik zararları, kontrolsüz kullanımları, biyobozunumsal gibi problemler nedeniyle kullanımlarının dezavantajları da mevcuttur (Wang ve ark., 2020; Xie ve ark., 2023; Zeng ve ark., 2023; Ning ve ark., 2024). Araştırmacılar bu polimerlere alternatif olabilecek yeni ve daha sağlıklı polimer arayışlarını sürdürmektedirler. *Pediococcus acidilactici* J1'den üretilen EPS ile yine polisakkarit olan nişasta ve Titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) nano partiküllerini yenilebilir film kaplaması haline getirerek etikorumayı amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucuna göre etin raf ömrü mikrobiyal yönden kayda değer şekilde uzamıştır ve kompozit film *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* gibi iki ciddi patojene yönelik önemli antibakteriyel etki göstermiştir. Çalışmanın sonucunda bildirilen rapora göre oluşturulan kompozit filmin sudaki çözünürlüğü ve su buharı bariyer özelliği TiO<sub>2</sub> eklenmesi ile azalmıştır. Bu durum arzu edilen bir sonuç olup gıdanın raf ömrüne ve kalitesine katkı yapar; antioksidan aktivitesi DPPH ve ABTS radikal süpürme testi yönünden bu bileşiğin ilavesi sonuçların düşmesine yol açmıştır. Antibakteriyel etki yönünden TiO<sub>2</sub> ilavesi artan konsantrasyon ile pozitif korelasyon gösterirken bu maddenin 10. Günde dahi gıdaya çok az geçtiği ve EFSA'nın belirttiği limitlerin altında olduğu raporlanmıştır. Bu film kaplaması bozulma ve kalite göstergeleri olan pH ve yağ oksidasyonu derecesini gösteren TBARS değeri üzerinde de arzu edilen sonuçlar göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre amonyak ve amin uçucu maddeleri, renk analizi, TVC değeri, duyuusal ve görsel değerlendirme sonuçlarına göre %1 TiO<sub>2</sub> içeren EPS/nişasta kompozit filmi daha iyi sonuçlar alıp genel kabul edilebilirlik yönünden etin muhafaza edilmesinde kullanılabilir bir film olduğu rapor edilmiştir. Fakat antioksidan özellikler yönünden düşük performansa sahip bu filme nano çinko oksit partiküller eklenerek sonuçların araştırılması gerektiği rapor edilmiştir (Ning ve ark., 2024).

Nohut; vitamin, mineral, aminoasit, yağ asidi gibi temel besin öğeleri yönünden oldukça zengin bir gıda maddesidir. Nohudun tahıl ürünleri ile karıştırılması da oldukça zengin ve düşük maliyetli bir protein kaynağı sağlar. Ancak baklagillerin glutence zayıf olması nihai ürünün reolojik özelliklerini, son ürün kalitesini ve işlenmeyi zorlaştırır. Bu problemi aşmak için araştırmacılar Gluten'in fonksiyonunu görecekt çeşitli hidrokolloidlerin eklenmesini önermişlerdir. EPS'nin hidrokolloid

özellikleri onu iyi bir alternatif haline getirmektedir (Rosell ve ark., 2001; coda ve ark., 2012; Zannini ve ark., 2014; Zafar ve ark., 2015; Coda ve ark., 2017).

Araştırmacılar *Weissella confusa* ck15'i nohut hamurunda *in situ* olarak EPS üretmek için kullanıp EPS'nin etkilerini incelemişlerdir. *Leuconostoc pseudomesenteroides* DSM 20193 pozitif kontrol ve *Lactobacillus plantarum* F8 ise negatif kontrol olarak kullanılmıştır. Laktik asit içeriğinde ck15 en düşük üretim miktarına sahip iken asetik asit açısından ise en yüksek ck15 olduğu belirlenmiştir. Mannitol üretiminde ise suşlar arasında herhangi önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. %2 sakkaroz ilaveli ck15 suşu diğer tüm suşlardan anlamlı şekilde daha yüksek seviyede viskozite artışı göstermiştir. Nitekim EPS üretim miktarları ile viskozite artış sonuçları uyumlu olup *in situ* olarak en yüksek üretim %2 sakkarozlu ck15 suşunun ilave edildiği hamurda görülmüştür. Yapılan antioksidan özellik testinde ise antioksidan kapasitenin artış göstermesine rağmen her üç suş arasında kayda değer bir fark görülmediği rapor edilmiştir. Bu sonuçtan hareketle antioksidan özelliğin EPS kaynaklı olmadığı belirtilmiştir. Yüksek molekül ağırlığına ve düşük dallanma derecesine sahip EPS'lerin ekmeğin hacmini arttırdığı belirtilmiştir, bu sonuç bağlamında araştırmacılar ck15 EPS'sinin hamurda kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Lacaze ve ark., 2007; Valerio ve ark., 2020).

Bakla, protein açısından oldukça zengin, insan tüketimine uygun veya hayvan yemi olarak da kullanılabilen bir baklagildir (Duc, 1997). Bakla proteinin gıdalarda kullanılması protein zenginleştirme açısından faydalı olmanın yanı sıra bu proteinin emülsifiye edici özellikleri, köpürme yeteneği, jel oluşturma ve çözünürlük gibi etkileri sayesinde gıda endüstrisinde kullanıma olanağı da mevcuttur; ama dokusal problemler yüzünden bu ürün az kullanılmaktadır. EPS'lerin ise doku geliştirici özelliği bilinmektedir. Ekmek ve süt ürünleri gibi çeşitli gıda maddelerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Hess ve ark., 1997; Cai ve ark., 2001; Folkenberg ve ark., 2006; Boye ve ark., 2010; Wolter ve ark., 2014; Y. Xu ve ark., 2019a). Araştırmacılar ticari olarak satılan ve yüksek protein içeriğine sahip bakla fasulyesi konsantresinde *in situ* olarak EPS üretilmesi için *W. confusa* VTT E-143403 (E3403) ve *Leuconostoc pseudomesenteroides* DSM 20193'ü ile kullanıp bu bakterilerin üreteceği EPS'nin bakla proteini üzerinde nasıl etkiler yapacağını incelemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde bir EPS olan dekstran en yüksek oranda sakkaroz ile zenginleştirilmiş E3403'ün kullanıldığı macunda görülürken Mannitol ise sadece DSM20193'ün kullanıldığı sakkaroz ilaveli macunda görülmüştür. Bakteri ilaveli macunlarda kontrol grubuna göre daha az protein miktarı tespit edilirken serbest amino azotu sonuçları ve SDS-PAGE sonuçları da fermente edilmiş örneklerde daha düşük protein miktarı olduğunu desteklemiştir. Bundan hareketle suş ilaveli macunlarda proteoliz'in ve EPS üretimin daha çok olduğu ve daha yüksek EPS içeren macunların kontrol ve taklit macun içeren örneklerle nazaran daha viskoz özellik taşıdığı belirlenmiştir. Taklit macunları dışarıdan dekstran, laktik asit ve asetik asit ilave edilmiş macunlardır. Elde edilen ve yapısal geri dönüşümün bir indeksi olan histerezis döngü sonuçlarının da viskozite döngü sonuçları ile benzer olduğu rapor edilmiştir. Çalışma neticesinde reolojik özellikler, mikro yapı ve doku analizi sonuçlarının tamamı beraber değerlendirildiğinde *in situ* EPS üretiminin bakla proteininin gıda da kullanılmasına katkı sağlayacağı belirtilmiştir (Xu ve ark., 2019b). Mercimek, kolesterol ve doymuş yağ oranı yönünden fakir ve ucuz olan bir protein kaynağıdır. Mercimek, glisemik indeksi düşük ve kardiyovasküler ve kanser hastalıklarına karşı risk azaltıcı bir besindir. Bütün bu olumlu özelliklerine rağmen yine de mercimek tüketimi önerilen miktarın altındadır. Bunu düzeltebilmek için duyuusal ve işlevsel özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (García-Alonso ve ark., 1998; Lee ve ark., 2007; Asif ve ark., 2013; Gobbetti ve ark., 2019; Melini ve ark., 2017). Baklagil unları besinsel açıdan buğday ekmeğini iyileştirse de duyuusal ve teknolojik çeşitli zorluklar bu unların % 10-15'ten fazla ilave edilmesinde

problem oluşturmaktadır. Çünkü bu unlar pişmiş ürünün dokusunu etkilemektedir (Kohajdová ve ark., 2013; Bresciani ve Marti, 2019). Araştırmacılar bu problemin çözümü için çiğ (L) veya filizlenmiş (SL) mercimek hamurunda yerinde EPS üretimi sonucu meydana gelmiş olan unun, buğday ekmeğine nasıl etki edeceğini araştırmışlardır. Sonuçlara göre 24 saat sonra en yüksek viskoz özellik sakkaroz ilaveli ve *W. confusa* SLA4 ile fermente edilen hamurda görülmüştür. Bu sonuç, EPS'nin viskozite arttırma yeteneğine atfedilmiştir. Hem L hem de SL hamurlarındaki fenolik bileşik konsantrasyonu fermente edilmemiş hamura nazaran anlamlı şekilde yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ekmeğin bayatlama oranında ve dolayısıyla raf ömründe, esneklik kabiliyetinde, glisemik indeks özellikleri bakımından, çözünebilir diyet lifi yönünden, aroma bileşikleri yönünden ve genel kabul edilebilirlik yönünden EPS içeren fermente hamurların daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (Perri ve ark., 2021a). Yine yapılan benzer bir çalışmada kompozit unlardan yapılan ekmeklerden olumlu sonuçlar alınmıştır. Araştırmacılar *Leuconostoc pseudomesenteroides* DSM 20193'ü kullanarak yerinde üretim ile dekstran içeren filizlenmiş buğday ve mercimek unlarını %30 oranında normal buğday unuyla paçal ederek ekmeğin çeşitli parametrelerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılara göre normal ekmek ile kıyaslandığında glisemik indeksin önemli ölçüde azaldığını, çözünür ve toplam lif içeriğinin arttığını ve ekmeğin kendine özgü ve hoş giden duyu özellikler kazandığını rapor etmişlerdir (Perri ve ark., 2021b). Gluten önemli bir tahıl proteindir. Hem tohum için fizyolojik önemi bulunur hem de teknolojik olarak ekmek yapımını kolaylaştırır; ama bazı bireylerde immünolojik veya immünolojik olmayan reaksiyonlara sebep olabilir. Özellikle immünolojik reaksiyonlar sebebiyle glutensiz (GF) ürün üretmek özellikle çölyak hastaları için hayati önem taşımaktadır. Araştırmacılar pirinç ve mısır unlarından toplam %80 oranında karışım hazırlayıp geri kalanını da karabuğday, kinoa veya nohuttan elde edilen un ile tamamlamışlardır; çünkü mısır ve pirinç unları GF olmalarına rağmen protein başta olmak üzere D vitamini, B vitamini, demir ve diğer farklı mineraller yönünden zayıf yapılardır. Hipoalerjenik olan ve düşük sodyum içeren bu unların zayıf yönlerini gidermek, glisemik indeksi düşürmek, vitamin ve mineral seviyelerini arttırmak ve proteince zengin hale getirmek için karabuğday, kinoa veya nohut unları ilave edilmiştir (Burešová et al., 2017; Yegrem, 2021; Russo et al., 2023). Yerinde dekstran üretimi için *Weissella cibaria* BAL3C-5 ve riboflavin üretimi için bu suşun türevi olan ve yüksek oranda riboflavin üreten BAL3C-5 C120T kullanılmıştır. Öncelikle yapılan analizde bu suşların biyojenamin (BA) üretecek genlere sahip olmadıkları dolayısıyla gıda da güvenle kullanılabileceği tespit edilmiştir. BA'lar insan için toksiktir ve gıda da oluşması arzu edilmeyen amin yapıda olan çeşitli bileşiklerdir. Yapılan analizler neticesinde BAL3C-5 C120T suşunun *in situ* dekstran ve riboflavin üretimi için kullanılabileceği rapor edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda dekstran ilavesinin ekmeğin organoleptik özelliklerine pozitif yönde katkısı olduğunu belirten araştırmacılar bu suşun da QPS statüsü için EFSA tarafından değerlendirilmeye alınabileceğini belirtmişlerdir (Russo ve ark., 2023). Riboflavin ve dekstran üreten *Weissella cibaria* suşları ile yapılan bir çalışmada bu suşu içeren buğday hamurunda kontrol grubuna göre yüksek oranda riboflavin ve flavin miktarı ile dekstranın olduğu tespit edilmiştir (Hernández-Alcántara ve ark., 2022). Yapılan çalışmalar yüksek oranda dekstran içeren ekmeklerin viskozite ve mukavemet değerlerinin daha iyi olduğu, dekstranın dokusal nitelikleri geliştirdiği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2018). Başka bir çalışmada *in situ* dekstranın darı ekmeğinde serbest fenolik içerik ve antioksidan aktivitede artış sağladığı, hamur reolojisi ve ekmek kalitesini belirgin şekilde iyileştirdiği, amilopektinin yeniden kristalleşmesini önemli ölçüde azalttığı dolayısıyla bayatlamayı geciktirdiği, sindirilebilir nişastayı azaltıp sindirilebilir protein miktarını arttırdığı tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2019).

Yapılan farklı bir çalışmada yerinde dekstran üretimine ilave olarak propiyonat ve B12 vitamini de üretilmiştir. Bunun sonucunda ekmeğin doku kalitesi ve mikrobiyal raf ömrü uzamıştır. Ayrıca

yerinde dekstran veya farklı EPS üretiminde genel olarak ekmeğin daha iyi özelliklere sahip olduğu ve bunun GF ekmekleri başta olmak üzere farklı ekmeklerde kullanılabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Galle ve ark., 2010; Wolter, ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2023).

Araştırmacılar GSM 1800 bant radyasyonunun *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un ürettiği oldukları EPS'lerin yapısı, kompozisyonu ve biyoaktivitesi üzerindeki etkilerine odaklanmışlardır. Radyasyon uygulaması ile EPS'lerin kimyasal yapıları ve molekül ağırlıkları değişmekle beraber antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinde değişimin olmadığı rapor edilmiştir (Karatat ve ark., 2021).

## SONUÇ

Yapılan çalışmalar incelendiğinde EPS'lerin gıda teknolojisi ve beslenme alanında önemli rollere sahip olabileceği değerlendirilmektedir. EPS'nin emülgatör, su tutucu, viskozite artırıcı özellikleri başta olmak üzere birçok yönden katkıları olabilecek doğal bir polimerdir. Laboratuvar ortamında güzel sonuçlar alınan bu polimerik maddenin yeni türevlerinin endüstriyel üretimde kullanılması için önünde hala engeller mevcuttur. Çünkü bu madde gıda alanında kullanılması halinde genel kitle beğenisinin yüksek olması ve hem ekonomik üretilmesi hem de verimli olması gerekmektedir. Ayrıca insan ve çevre sağlığı üzerinde uzun süreli etkilerinin de araştırılması ve toksik olmaması gerekir. GRAS veya QPS sınıfında yer alan Laktik asit bakterileri gibi bakterilerden elde edilen EPS'ler güvenilir kabul edilse de metabolizma üzerine uzun süreli etkilerinin olumsuz olmadığı araştırmalarla kesinleştirilmelidir. Genel olarak bir EPS'nin endüstriyel olarak *in situ* şeklinde kullanılması için veriminin 10 g/L'nin üzerinde olması gerekmektedir. Bu sebeple üretilecek yeni EPS'lerin yukarıda belirtilen verim koşulunu da sağlaması gerekir. EPS üretimi bakterinin büyüme koşullarından kolayca etkilenir. Örneğin sıcaklık, pH, molarik ortam ve aktivatör ve inhibitör varlığı EPS'nin üretim miktarından türüne ve etkilerine kadar farklı yapıların oluşmasını sağlayabilir. Dolayısıyla verimin optimizasyonu için şartların değiştirilmesi gerekebilir. İlk EPS'nin tespit edilmesinin üstünden 160 yıldan fazla süre geçmesine rağmen EPS'lerin etkileri ve mekanizmaları hala tam olarak aydınlatılamamıştır. EPS'nin fizyolojik işlevlerinin çok daha iyi anlaşılması için moleküler karakterizasyonun iyi yapılması gerekir. Maalesef bu konudaki çalışmalar hala yetersizdir. Suş ve türe özgü davranışların daha iyi anlaşılması ve neticede daha iyi bir üretim için probiyomik ve post biyomik gibi yeni gıda-omik alanlarının iyi araştırılması gerekmektedir.

## Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Abid, Y., Gharsallaoui, A., Dumas, E., Ghnimi, S., attia, H., & Azabou, S. (2019). Spray-drying microencapsulation of nisin by complexation with exopolysaccharides produced by probiotic *Bacillus tequilensis*-GM and *Leuconostoc citreum*-BMS. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 181, 25-30. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFB.2019.05.022>
- Achal, V., van Hullebusch, E. D., Decho, A. W. and Gutierrez, T. 2017. Microbial Extracellular Polymeric Substances (EPSs) in Ocean Systems. *Frontiers in Microbiology*, 8, 922. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00922>

- Asif, M., Rooney, L. W., Ali, R., & Riaz, M. N. (2013). Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11), 1168–1179. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.574804>
- Belfiore, C., Castellano, P., & Vignolo, G. (2007). Reduction of Escherichia coli population following treatment with bacteriocins from lactic acid bacteria and chelators. *Food Microbiology*, 24(3), 223–229. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2006.05.006>
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Bresciani, A., & Marti, A. (2019). Using Pulses in Baked Products: Lights, Shadows, and Potential Solutions. *Foods*, 8(10), 451. <https://doi.org/10.3390/foods8100451>
- Burešová, I., Tokár, M., Mareček, J., Hřivna, L., Faměra, O., & Šottníková, V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*, 75, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.04.004>
- Cai, R., Klamczynska, B., & Baik, B.-K. (2001). Preparation of Bean Curds from Protein Fractions of Six Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 3068–3073. <https://doi.org/10.1021/jf0013398>
- Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C. G., & Katina, K. (2017). Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.062>
- De Vuyst, L., De Vin, F., Vaningelgem, F., & Degeest, B. (2001). Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 11(9), 687–707. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00114-5)
- Donot, F., Fontana, A., Baccou, J. C. and Schorr-Galindo, S. 2012. Microbial exopolysaccharides: Main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 951–962. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2011.08.083>
- Duc, G. (1997). Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53(1–3), 99–109. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00025-7)
- Ergene, E., & Avcı, A. (2016). Microbial exopolysaccharides. *Sakarya University Journal of Science*, 20(2), 193–202. <https://doi.org/10.16984/SAUFENBILDER.91974>
- Folkenberg, D. M., Dejmek, P., Skriver, A., Skov Guldager, H., & Ipsen, R. (2006). Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures. *International Dairy Journal*, 16(2), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.10.013>
- Galle, S., Schwab, C., Arendt, E., & Gänzle, M. (2010). Exopolysaccharide-Forming *Weissella* Strains as Starter Cultures for Sorghum and Wheat Sourdoughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5834–5841. <https://doi.org/10.1021/jf1002683>
- García-Alonso, A., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (1998). Resistant starch and potential glycaemic index of raw and cooked legumes (lentils, chickpeas and beans). *European Food Research and Technology*, 206(4), 284–287. <https://doi.org/10.1007/S002170050258>
- Gharsallaoui, A., Oulahal, N., Joly, C., & Degraeve, P. (2016). Nisin as a Food Preservative: Part 1: Physicochemical Properties, Antimicrobial Activity, and Main Uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(8), 1262–1274. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.763765>

- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., & Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>
- Hernández-Alcántara, A. M., Chiva, R., Mohedano, M. L., Russo, P., Ruiz-Masó, J. Á., del Solar, G., Spano, G., Tamame, M., & López, P. (2022). Weissella cibaria riboflavin-overproducing and dextran-producing strains useful for the development of functional bread. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.978831>
- Hess, S. J., Roberts, R. F., & Ziegler, G. R. (1997). Rheological Properties of Nonfat Yogurt Stabilized Using Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus Producing Exopolysaccharide or Using Commercial Stabilizer Systems. *Journal of Dairy Science*, 80(2), 252–263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75933-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75933-2)
- Karatas, S. M., Ekici, L., Develi, I., Dertli, E., & Sagdic, O. (2021). Effects of GSM 1800 band radiation on composition, structure and bioactivity of exopolysaccharides produced by yoghurt starter cultures. *Archives of Microbiology*, 203(4), 1697–1706. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02168-4>
- Kaur, N., & Dey, P. (2023). Bacterial exopolysaccharides as emerging bioactive macromolecules: from fundamentals to applications. *Research in Microbiology*, 174(4), 104024. <https://doi.org/10.1016/J.RESMIC.2022.104024>
- Kavitake, D., Balyan, S., Devi, P. B., & Shetty, P. H. (2019). Interface between food grade flavour and water soluble galactan biopolymer to form a stable water-in-oil-in-water emulsion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.199>
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Magala, M. (2013). Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough. *Chemical Papers*, 67(4). <https://doi.org/10.2478/s11696-012-0295-3>
- Lacaze, G., Wick, M., & Cappelle, S. (2007). Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdoughs. *Food Microbiology*, 24(2), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.015>
- Lee, H. C., Htoon, A. K., Uthayakumaran, S., & Paterson, J. L. (2007). Chemical and functional quality of protein isolated from alkaline extraction of Australian lentil cultivars: Matilda and Digger. *Food Chemistry*, 102(4), 1199–1207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.008>
- Lu, S., Luo, Y., Turner, E., & Feng, H. (2007). Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices. *Food Chemistry*, 104(2), 824–829. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.050>
- Martin, I., Ruyschaert, J. M., Sanders, D., & Giffard, C. J. (1996). Interaction of the lantibiotic nisin with membranes revealed by fluorescence quenching of an introduced tryptophan. *European Journal of Biochemistry*, 239(1), 156–164. <https://doi.org/10.1111/J.1432-1033.1996.0156U.X>
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2017). Current and Forward-Looking Approaches to Technological and Nutritional Improvements of Gluten-Free Bread with Legume Flours: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1101–1122. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12279>
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476–481. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.012>

- Mıdık, F. (2011). *Bazı laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit (EPS) üretimi yönünden incelenmesi*. <https://search.proquest.com/openview/0afa7e7f270aff712096658807845d85/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Ning, Y., Shi, J., Yu, S., Du, R., Ge, J., & Zhao, D. (2024). Characterization of exopolysaccharide / starch composite film incorporated with TiO<sub>2</sub> nanoparticles and its application in chilled meat preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 281, 136270. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.136270>
- Nwodo, U. U., Green, E., & Okoh, A. I. (2012). Bacterial Exopolysaccharides: Functionality and Prospects. *International Journal of Molecular Sciences* 2012, Vol. 13, Pages 14002-14015, 13(11), 14002–14015. <https://doi.org/10.3390/IJMS131114002>
- Ogunremi, O. R., Freimüller Leischtfeld, S., & Miescher Schwenninger, S. (2022). MALDI-TOF MS profiling and exopolysaccharide production properties of lactic acid bacteria from Kunu-zaki - A cereal-based Nigerian fermented beverage. *International Journal of Food Microbiology*, 366, 109563. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2022.109563>
- Oguntoyinbo, F., Turlomousis, P., ... M. G.-I. journal of, & 2011, undefined. (2011). Analysis of bacterial communities of traditional fermented West African cereal foods using culture independent methods. *ElsevierFA Oguntoyinbo, P Turlomousis, MJ Gasson, A NarbadInternational Journal of Food Microbiology, 2011•Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160510007154>
- Özcan, E., and Öner, E. T. 2015. Microbial production of extracellular polysaccharides from biomass sources. *Polysaccharides: Bioactivity and Biotechnology*, 161– 184. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16298-0\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16298-0_51)
- Perri, G., Coda, R., Rizzello, C. G., Celano, G., Ampollini, M., Gobbetti, M., De Angelis, M., & Calasso, M. (2021). Sourdough fermentation of whole and sprouted lentil flours: In situ formation of dextran and effects on the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *Food Chemistry*, 355, 129638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129638>
- Perri, G., Rizzello, C. G., Ampollini, M., Celano, G., Coda, R., Gobbetti, M., De Angelis, M., & Calasso, M. (2021). Bioprocessing of Barley and Lentil Grains to Obtain In Situ Synthesis of Exopolysaccharides and Composite Wheat Bread with Improved Texture and Health Properties. *Foods*, 10(7), 1489. <https://doi.org/10.3390/foods10071489>
- Pourjafar, H., Ansari, F., Sadeghi, A., Samakkhah, S. A., & Jafari, S. M. (2023). Functional and health-promoting properties of probiotics' exopolysaccharides; isolation, characterization, and applications in the food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(26), 8194–8225. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2047883>
- Rai, M., Pandit, R., Gaikwad, S., & Kövics, G. (2016). Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3381–3394. <https://doi.org/10.1007/S13197-016-2318-5/TABLES/3>
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75–81. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Russo, P., Diez-Ozaeta, I., Mangieri, N., Tamame, M., Spano, G., Dueñas, M. T., López, P., & Mohedano, M. L. (2023). Biotechnological Potential and Safety Evaluation of Dextran- and Riboflavin-Producing *Weissella cibaria* Strains for Gluten-Free Baking. *Foods*, 13(1), 69. <https://doi.org/10.3390/foods13010069>

- Saif, F., Fibre, E. S.-B. C. and D., & 2020, undefined. (2020). Characterization and bioactivities of exopolysaccharide produced from probiotic *Lactobacillus plantarum* 47FE and *Lactobacillus pentosus* 68FE. *Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221261982030022X>
- Sharma, S., & Rao, T. V. R. (2015). Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 791–800. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.050>
- Singh, S., Datta, S., Narayanan, K. B., & Rajnish, K. N. (2021). Bacterial exo-polysaccharides in biofilms: role in antimicrobial resistance and treatments. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/S43141-021-00242-Y/FIGURES/5>
- Soyuçok, A., Ekiz, T., & Başıyigit Kılıç, G. (2016). Ekzopolisakkaritlerin Özellikleri ve Gıda Sanayindeki Önemi. *Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 5, 332-344. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.211029>
- Tilley, A., McHenry, M. P., McHenry, J. A., Solah, V., & Bayliss, K. (2023). Enzymatic browning: The role of substrates in polyphenol oxidase mediated browning. *Current Research in Food Science*, 7, 100623. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2023.100623>
- Uçar, Y. (2020). Su Ürünlerinde Nisin Uygulamaları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 639-651. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.726727>
- Valerio, F., Bavaro, A. R., Di Biase, M., Lonigro, S. L., Logrieco, A. F., & Lavermicocca, P. (2020). Effect of Amaranth and Quinoa Flours on Exopolysaccharide Production and Protein Profile of Liquid Sourdough Fermented by *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum*. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00967>
- Wang, Q., Zhang, L., & Ding, W. (2020). Eugenol nanocapsules embedded with gelatin-chitosan for chilled pork preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 837–844. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.182>
- Wang, Y., Compaoré-Séréme, D., Sawadogo-Lingani, H., Coda, R., Katina, K., & Maina, N. H. (2019). Influence of dextran synthesized in situ on the rheological, technological and nutritional properties of whole grain pearl millet bread. *Food Chemistry*, 285, 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.126>
- Wang, Y., Sorvali, P., Laitila, A., Maina, N. H., Coda, R., & Katina, K. (2018). Dextran produced in situ as a tool to improve the quality of wheat-faba bean composite bread. *Food Hydrocolloids*, 84, 396–405. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.042>
- Wolter, A., Hager, A.-S., Zannini, E., Czerny, M., & Arendt, E. K. (2014). Influence of dextran-producing *Weissella cibaria* on baking properties and sensory profile of gluten-free and wheat breads. *International Journal of Food Microbiology*, 172, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.015>
- Wolter, A., Hager, A.-S., Zannini, E., Galle, S., Gänzle, M. G., Waters, D. M., & Arendt, E. K. (2014). Evaluation of exopolysaccharide producing *Weissella cibaria* MG1 strain for the production of sourdough from various flours. *Food Microbiology*, 37, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.009>
- Xie, Q., Liu, G., Zhang, Y., Yu, J., Wang, Y., & Ma, X. (2023). Active edible films with plant extracts: a updated review of their types, preparations, reinforcing properties, and applications in muscle foods packaging and preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(32), 11425–11447. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2092058>

- Xu, Y., Coda, R., Holopainen-Mantila, U., Laitila, A., Katina, K., & Tenkanen, M. (2019a). Impact of in situ produced exopolysaccharides on rheology and texture of fava bean protein concentrate. *Food Research International*, 115, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.054>
- Xu, Y., Coda, R., Holopainen-Mantila, U., Laitila, A., Katina, K., & Tenkanen, M. (2019b). Impact of in situ produced exopolysaccharides on rheology and texture of fava bean protein concentrate. *Food Research International*, 115, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.054>
- Yegrem, L. (2021). Nutritional Composition, Antinutritional Factors, and Utilization Trends of Ethiopian Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/5570753>
- Zafar, T. A., Al-Hassawi, F., Al-Khulaifi, F., Al-Rayyes, G., Waslien, C., & Huffman, F. G. (2015). Organoleptic and glycemic properties of chickpea-wheat composite breads. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2256–2263. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1192-7>
- Zannini, E., Waters, D. M., & Arendt, E. K. (2014). The application of dextran compared to other hydrocolloids as a novel food ingredient to compensate for low protein in biscuit and wholemeal wheat flour. *European Food Research and Technology*, 238(5), 763–771. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2161-8>
- Zeng, Z., Yang, Y.-J., Tu, Q., Jian, Y.-Y., Xie, D.-M., Bai, T., Li, S.-S., Liu, Y.-T., Li, C., Wang, C.-X., & Liu, A.-P. (2023). Preparation and characterization of carboxymethyl chitosan/pullulan composite film incorporated with eugenol and its application in the preservation of chilled meat. *Meat Science*, 198, 109085. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109085>
- Zhang, J., Yao, Y., Li, J., Ju, X., & Wang, L. (2023). Impact of exopolysaccharides-producing lactic acid bacteria on the chemical, rheological properties of buckwheat sourdough and the quality of buckwheat bread. *Food Chemistry*, 425, 136369. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136369>