

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

Lactobacillus brevis E25 SUŞLARINDAN ELDE EDİLEN
EKZOPOLİSAKKARİTLERİN BAZI GIDA TOZLARININ
YAPIŞMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erva Nur KARASU

İstanbul
Nisan, 2019

T.C
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

***Lactobacillus brevis* E25 SUŞLARINDAN ELDE EDİLEN
EKZOPOLİSAKKARİTLERİN BAZI GIDA TOZLARININ
YAPIŞMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erva Nur KARASU

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ertan ERMİŞ

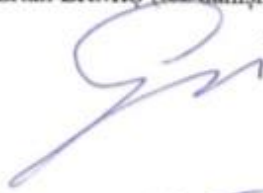
İstanbul

Nisan, 2019

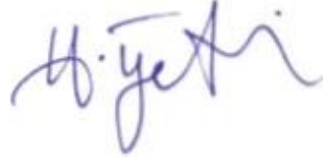
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Ertan ERMİS (tez danışmanı)



Üye: Prof. Dr. Hasan YETİM



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER



Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

Enstitü Müdürü



BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “*Lactobacillus brevis* E25 Suşlarından Elde Edilen Ekzopolisakkaritlerin Bazı Gıda Tozlarının Yapışma Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandırıldığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Erva Nur KARASU

ÖNSÖZ

Bu çalışmada kullanılan EPS'nin üretilmesinde emeği geçen Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden Ecem POYRAZ ve Ayşe Asena KURNAZ'a, EPS üretiminde kullanılan bakteri suşunu sağlayan Bayburt Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Doç. Dr. Enes DERTLİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca, araştırmamdaki her aşamada bana destek olan ve yol gösteren değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ertan ERMİŞ'e, bu projenin gerçekleştirilmesi için maddi imkan sağlayan TÜBİTAK'a (Proje no: TOVAG 215O307), eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen herkese ve özellikle aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmadan elde edilen veriler aşağıda belirtilen bir bilimsel yayına dönüştürülerek yayımlanmış ve ayrıca bir bilimsel etkinlikte sözlü olarak sunulmuştur.

Karasu, E.N., Ermis, E. 2019. Determination of the effect of exopolysaccharide (EPS) from *Lactobacillus brevis* E25 on adhesion of food powders on the surfaces, using the centrifuge technique. *Journal of Food Engineering*, 242: 106-114.

Ermis, E., Karasu, E.N. Influence of Exopolysaccharide (EPS) Derived From a Local Isolate (*Lactobacillus brevis* E25) on the Adhesion of Salt Powders to Corn Chips. 5th International ISEKI Food Conference, 3-5 Haziran 2018, Stuttgart, Almanya.

Erva Nur KARASU

İstanbul - 2

ÖZET

Lactobacillus brevis E25 SUŞLARINDAN ELDE EDİLEN EKZOPOLİSAKKARİTLERİN BAZI GIDA TOZLARININ YAPIŞMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Erva Nur KARASU

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ertan ERMİŞ

Nisan-2019, 54+X Sayfa

Bu çalışmada, bir laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus brevis* E25'ten elde edilen ekzopolisakkaritlerin (EPS), farklı gıda tozlarının katı yüzeylere yapışmasına etkisi araştırılmıştır. Mısır cipsi ve ahşap pul yüzeylerine ayçiçek yağı, su ve değişen konsantrasyonlarda EPS çözeltisi (0, 20 ve 40 %) uygulandıktan sonra cam tozu ve kaya tuzu (63-100, 100-200, 200-425, 425-500 µm aralıklarında 4 farklı partikül boyutunda), nişasta, kakao tozu, kırmızı biber tozu ve ksantan gam tozu ile kaplanarak santrifüj yöntemi ile yapışma (adhezyon) testleri gerçekleştirilmiştir. Pul örneklerinin, dönme eksenine paralel olacak şekilde yerleştirilebilmesi için özel bir santrifüj tüpü dizayn edilmiş ve 3 boyutlu yazıcı ile üretilerek yapışma testlerinde kullanılmıştır. Elde edilen veriler, 100 µm altındaki partiküllerin diğer fraksiyonlara göre daha iyi yapışma gösterdiğini ortaya koymuştur. Santrifüj dönme hızının (1000, 2000, 3000 ve 4000 rpm) artırılması ile yüzeylerden kopan partikül miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, ayçiçek yağının cam tozlar için daha iyi bir yapışma gösterdiği, buna karşın tuz partikülleri için ise EPS çözelti konsantrasyonu arttıkça daha iyi yapışma sağladığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, cips gibi atıştırmalık ürünlerde gıda aroma tozlarını yapıştırmak için kalorisiz yüksek gıda bileşenlerini kullanmak yerine sağlık üzerinde olumlu etkileri olan ve doğal bir bileşen olarak EPS'lerin kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: adhezyon, ekzopolisakkarit, laktik asit bakterisi, gıda aroma tozları, santrifüj

ABSTRACT

EFFECT OF EXOPOLYSACCHARIDES OBTAINED FROM *Lactobacillus brevis* E25 ON ADHESION PROPERTIES OF SOME FOOD POWDERS

Erva Nur KARASU

Master of Science, Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ertan ERMİŞ

April-2019, 54+X Pages

In this study, the effect of exopolysaccharides (EPS) obtained from *Lactobacillus brevis* E25, a lactic acid bacteria, on the adhesion of some food powders to solid surfaces was investigated. After application of EPS solution (at concentrations of 0, 20 and 40%), sunflower oil and distilled water on corn chips and wood flake surfaces which were then coated with glass powder and rock salt having varying size fractions (63-100, 100-200, 200-425, 425-500 μm) and 4 different food powders (starch, cocoa powder, red pepper powder and xanthan gum powder), adhesion tests were conducted using centrifugation technique. A special centrifuge tube has been designed and produced using 3D printer and used in adhesion tests so that the chips substrates were placed parallel to the axis of rotation. The data obtained revealed that the particles below 100 μm showed better adhesion than other fractions. By increasing the centrifugal rotation speed (1000, 2000, 3000 and 4000 rpm), it was determined that the amount of particulates detached from the surfaces increased. As a result, it was observed that sunflower oil showed better adhesion for glass powders, whereas EPS solutions showed better adhesion for salt particles and as the concentration of EPS solutions increased, better adhesion was obtained. Instead of using high caloric food components to adhere food aroma powders on snack products such as chips, it has been demonstrated that EPSs which have positive effects on health could be used as a natural component for this purpose.

Keywords: adhesion, exopolysaccharide, lactic acid bacteria, seasoning powder, centrifuge

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖNSÖZ	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMA VE SİMGELER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Atıştırmalık ürünler	4
2.2. Aroma tozları ile kaplama	4
2.3. Toz gıdaların yüzeylere yapışması (adhezyonu)	7
2.3.1. Adhezyon	7
2.3.2. Adhezyon ölçüm metotları	8
2.3.2.1. Santrifüj metodu.....	8
2.4. Ekzopolisakkaritler.....	11
2.5. Laktik asit bakterileri.....	13
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Kullanılan Materyaller	18
3.2. Cips örneklerinin üretilmesi	18
3.3. EPS'lerin aroma tozlarının gıda yüzeylerine yapışması üzerine etkilerinin belirlenmesi	19
3.3.1. EPS çözeltisinin hazırlanması ve uygulanması.....	19
3.3.2. Kullanılan gıda aroma toz örneklerinin karakterizasyonu	20

3.3.3.	Gıda tozlarının hidrofilik/hidrofobik özelliklerinin belirlenmesi	21
3.3.4.	Santrifüj tüpü dizaynı ve üretimi	22
3.3.5.	Adhezyon (yüzeğe yapışma) testi	24
3.4.	Yüzeylerin SEM analizi	26
3.5.	Duyusal analizler	26
3.6.	İstatistikî analizler	27
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1.	Toz örneklerinin parçacık özellikleri ve boyut analizi	28
4.2.	Yüzeğe yapışma özellikleri	30
4.3.	Duyusal özellikler	37
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	39
	KAYNAKÇA	41
	ÖZGEÇMİŞ	53

KISALTMA VE SİMGELER

Sembol	Anlamı
EPS	Ekzopolisakkarit
LAB	Lactic acid Bacteria; Laktik Asit Bakterisi
GRAS	Genel Olarak Güvenilir Kabul Edilen
HoPS	Homopolisakkaritler
HePS	Heteropolisakkaritler
vb.	ve Benzeri
kDa	Kilodalton
mg/L	Miligram/ Litre
μm	Mikrometre
mm	Milimetre
rpm	Bir Dakikada Tamamlanan Devir Sayısı
>	Büyüktür
<	Küçüktür

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Ekzopolisakkarit üretebilen laktik asit bakterileri (Milci ve ark., 2005) .	11
Tablo 2.2. HePS ve HoPS yapıdaki EPSleri üretme yeteneğine sahip bazı mikroorganizmalar (Vanningelgem ve ark., 2004; De Vuyst ve Degeest, 1999).....	13
Tablo 4.1. Tuz numunelerinin nem içeriği	29
Tablo 4.2. Gıda toz numunelerinin nem içeriği, ortalama partikül çap değerleri ve hidrofobik özellikleri.....	29



ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1.** Homopolisakkarit ve heteropolisakkaritlerin molekül yapıları 12
- Şekil 3.1.** Mısır cipsi üretimi için dizayn edilen cips kalıbı..... 19
- Şekil 3.2.** Elde edilen mısır cipsleri 19
- Şekil 3.3.** Yapışma testlerinde mısır cipsini kaplamak için kullanılan gıda aroma tozları. A: Cam tozu, B: Tuz, C: Ksantan gam, D: Kakao tozu, E: Nişasta, F: Kırmızı biber tozu..... 20
- Şekil 3.4.** Cips örnekleri için kullanılan (a) tüp dizaynı ve (b) tüplerin kullanılacağı santrifüj rotoru, (c) tüpün rotor içindeki duruş şekli. A-tüpün üst kısmı, B-tüpün içerisinde boşluk olan alt kısmı, C:cips örneği, D:tüpün alt ve üst kısmını bir arada tutan silindirik parça..... 22
- Şekil 3.5.** 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş örnek tutucu tüpler (solda 50 mL hacimdeki tüpler ve sağda 5 mL hacimdeki tüpler)..... 23
- Şekil 3.6.** (a)Örnek tutucu tüp çizimleri (A:yandan görünüş, B:önden görünüş, C:arkadan görünüş, D:genel görünüş), (b) Cipsin tüp içinde duruş şekli 24
- Şekil 3.7.** (a) Fırında üretilen cips örnekleri, (b) santrifüj tüpünde kırılmış olan cipsler 26
- Şekil 3.8.** Elips şeklinde kesilen ahşap pullar 26
- Şekil 4.1.** EPS parçacıklarının SEM görüntüsü. A-EPS parçacıklarının 500µm boyutundaki görüntüsü, B- EPS parçacıklarının 100µm boyutundaki görüntüsü, C- EPS parçacıklarının 50µm boyutundaki görüntüsü, D- EPS parçacıklarının 10µm boyutundaki görüntüsü, E- EPS parçacıklarının 5µm boyutundaki görüntüsü, F- EPS parçacıklarının 2µm boyutundaki görüntüsü 29
- Şekil 4.2.** Ayçiçek yağının farklı partikül boyutlarındaki tozların farklı dönme hızlarında ahşap pul yüzeyine yapışmasına etkisi (C: cam, T: tuz, N:nişasta, K:kakao tozu, X:ksantan gam, B:kırmızı biber tozu) (n=3) (ayni grup içerisinde farklı harfler istatistiki olarak önemli bulunmuştur, p<0,05) 31
- Şekil 4.3.** Kaplama yüzeylerinden ayrılan cam parçacıklarının yüzdesi. A:ayçiçeği yağı, B:damıtılmış su, C:% 20 EPS (ıslak), D:20% EPS (kurutulmuş), E:40% EPS

(kurutulmuş). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$).....	32
Şekil 4.4. Kaplama substratında cam partiküllerinin ve tuz partiküllerinin SEM görüntüleri. A: EPS'li cam partikülleri, B: yağ içeren cam partikülleri, C: EPS'li tuz partikülleri, D: yağ içeren tuz partikülleri.....	33
Şekil 4.5. Yüzeylerden ayrılan tuz parçacıklarının yüzdesi. A:ayçiçeği yağı, B:damıtılmış su, C:20% EPS (ıslak), D:20% EPS (kurutulmuş), E:40% EPS (ıslak), F:40% EPS (kurutulmuş). (A'dan E'ye: ahşap pul; F: mısır cipsi). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0.05$).	35
Şekil 4.6. Mısır cipsi substratında seçilmiş gıda tozlarının SEM görüntüleri. A: tuz, B: cam, C: Kakao tozu, D: biber tozu, E: nişasta tozu, F: ksantan gamı tozu.	36
Şekil 4.7. Yüzeylerden ayrılmış gıda toz parçacıklarının yüzdesi. S: nişasta tozu, C: kakao tozu, X: ksantan gamı tozu, P: kırmızı biber tozu. A:ayçiçeği yağı, B:damıtılmış su, C:20% EPS (ıslak), D:20% EPS (kurutulmuş), E:40% EPS (kurutulmuş), F:40% EPS (kurutulmuş). (A'dan E'ye: kaplama substratı; F: mısır cipsi). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$).	37
Şekil 4.8. Duyusal analiz sonuçları.....	38

1. GİRİŞ

Sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek için vücudun madde ve enerji ihtiyacı beslenme ile karşılanmakta olup vücuda alınan bu maddelere, gıda maddesi denir. Alınan gıdaların bileşimindeki besin öğeleri; vücudun enerji ihtiyacının karşılanması, vücut olaylarının düzenlenmesi ve vücut unsurlarının yapım ve onarımı için kullanılır (Demirci, 2006). Dünyada çeşitli hastalıkların artmasıyla sağlıklı ve bilinçli beslenmeye olan talep gittikçe artmaktadır. Çağımız insanlarında iş hayatının ortaya çıkardığı stres ve zaman darlığı gibi nedenlerle hazır gıdalara olan talep artış göstermektedir. Bazı insanların yetersiz çoğu insanın da dengesiz beslenme ile birlikte obezite, kalp-damar rahatsızlıkları ve kanser gibi bazı hastalıkların arttığı da görülmektedir (Arvanitoyannis ve Van, 2005). Bu açıdan bakıldığında beslenme kaynaklı hastalıkların kontrol altına alınabilmesi için insan sağlığını tehdit etmeyen, bazı hastalıkları tedavi edici özellikleri olan, katkısız ya da doğal katkı maddelerinin içerdiği vücut için yararlı olan gıda bileşenleri kullanılarak gıda maddeleri üretimi ve tüketimi büyük önem arz etmektedir.

Değişen yaşam koşulları günümüzde kişilerin, paketlenmiş tüketime hazır, taşınabilen, kullanımı pratik, lezzetli ve açlıklarını bastıran atıştırmalık ürünlere yönelmesiyle bu ürünlere talep artarak hayatımıza girmekte ve beslenmede önemli bir yere sahip olmaktadır (Mulsaney ve Hsieh, 1988; Göncü, 2011; Reis ve Abu-Ghannam, 2014). Bisküviler, krakerler, yaş ve kuru yemişler, cipsler vb. atıştırmalık ürünler olarak nitelendirilir (Topuz, 2011; Davulcu, 2013). Atıştırmalık gıdalar içerisinde cipsler dünyada ve Türkiye’de üretim ve tüketim yönünden önemli bir paya sahiptir. Ağırlıklı olarak çocuk ve genç nüfus tarafından tüketilmekte olup gün geçtikçe tüketim oranı artmaktadır (Pedreschi ve ark., 2008). Cipsler, nişasta ve yağ içeriği yüksek, besleyici değeri düşük ürünler olarak bilinirler (Mulsaney ve Hsieh, 1988). Bu çerez tipi ürünler içerisinde mısır ve patates cipsi ilk iki sırada yer almaktadır (Mulsaney ve Hsieh, 1988; Cankurtaran, 2008; Çeviren ve ark., 2008). Cips üretiminde genellikle kızartma ve ekstrüzyon işlemleri uygulanmakta ve yağda kızartma işlemi gereği veya ekstrüde cipslerde çeşnilendirme esnasında yapılan yağlama sebebiyle cipslerin yağ içeriği

genellikle toplam ağırlığının üçte biri kadardır (Mellema, 2003; Ertop ve ark., 2016). Bu oran yüksek miktarda tokluk hissi verir ancak sağlık açısından risk oluşturmaktadır (Moyano ve Pedreschi, 2006). Cips ürünlerindeki yağ oranının yüksek olmasının damar tıkanıklığı, kalp krizi, felç ve kanser gibi zararlı etkilerinden dolayı azaltılması ya da yağ ikame edici ürün geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Cipslerde baharatlı, farklı gıda aromalı ya da aroma tozlu olanlar tüketicini tercihini etkilemekte olup çekici kılmaktadır. Yeni ürün geliştirmede bu özelliklerin belirlenmesinin çok önemli bir payı bulunmaktadır. Bu yüzden bu özelliklerin arzu edilen düzeyde olması gıda endüstrisinde üretici firma karlılığı açısından da son derece önemlidir. Gıda aroma tozlarını yapıştırmak için genellikle yağ ya da şeker çözeltileri kullanılmaktadır. Son zamanlarda, gıda endüstrisi ve tüketici tercihleri, sağlık üzerine yararlı etkileri olan, düşük yağ içerikli ve düşük kalorili gıda ürünleri yönünde değişmektedir. Bu tercih değişimi ise istenen niteliklerde yeni atıştırmalık ürünler ve alternatif hammadde arayışını da beraberinde getirmiştir (Öztürk ve Çopur, 2008; Reis ve Abu-Ghannam, 2014).

Sağlıklı bir atıştırmalık olarak cips zevkini vermek adına mısır unu ile kalorisini düşük cips numunesi üretilerek yağ yerine yapışkan özelliğe sahip ve genel olarak güvenilir kabul edilen (GRAS) bazı bakteri suşları tarafından polisakkarit polimer madde olarak salgılanan ekzopolisakkaritler (EPS), aroma tozlarının gıda yüzeylerine yapışmasında arayüz olarak kullanılmıştır. Ekzopolisakkaritler, mikroorganizmanın buldukları ortama salgıladığı, yüksek molekül ağırlığına sahip, geri dönüşebilen ve çevre dostu olan doğal polimerlerdir. EPS'lerin kompozisyon, yapı, sentezlenme özellikleri ve fonksiyonel özellikleri farklılıklar göstermesinden ötürü tekstil, petrol arıtma, madencilikte metal ayırma, endüstriyel atık arıtma, ilaç üretme, kozmetik, tıp ve gıda sanayisi gibi geniş bir yelpazede bir çok kullanım potansiyeli vardır (Freitas ve ark., 2011). Ekzopolisakkaritlerin gıda maddeleri ile etkileşiminde viskoziteyi artırma, yapıyı kalınlaştırma, stabilize etme ve su bağlama gibi bazı fonksiyonel ve teknolojik özellikler gösterebilmesi ve insan sağlığı üzerine birçok faydalı etkiler göstermesinden dolayı son yıllarda ilgi çeken bir ürün haline gelmiştir. Bunların dışında EPS'lerin gıda dışı materyallerde de (ahşap ve plastik) yapışma özelliği gösterdiği yapılan bazı çalışmalarda ortaya konulmuştur (Nichols ve ark., 2009).

Bu çalışmada *Lactobacillus brevis* E25'ten elde edilen suda çözünebilen, yüksek moleküler ağırlıklı, bakteri hücrelerinin yüzeylere yapışmasını sağlayan ve hücreyi

olumsuz dış etkenlerden koruyan EPS'lerin gıda tozlarının, gıda yüzeylerine yapışmasına etkileri detaylı olarak araştırılmıştır. Bu amaçla yeni bir santrifüj tüpü tasarlanmış ve araştırmalarda kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca, EPS'lerin gıda yüzeylerinde uygulanması sonrasında seçilen bazı gıda tozları (nişasta, kakao tozu, ksantan gam ve kırmızı biber tozu) ile kaplanan yüzeylere, değişen dönme hızlarında (1000, 2000, 3000 ve 4000 rpm) uygulanan ayırma (detachment) kuvveti ile gıda tozu kayıplarının miktarsal olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan bu çalışma ile yağ, şeker ve tuz (gıda tozları için taşıyıcı) gibi gıda bileşenlerinin üründen beklenen özelliklere de bağlı olarak kullanım düzeylerinin minimum düzeye çekilmesiyle daha ekonomik, düşük kalorili ve sağlıklı ürünlerin üretimi için bir bilimsel alt yapının oluşturulması hedeflenmiştir. Atıştırmalık ürün (snack foods) üretim ve ambalajlama aşamalarında ortaya çıkan gıda tozu dağılımı ve EPS'lerin yapışma özelliklerinin daha iyi anlaşılması, buna bağlı olarak EPS'lerin yapıştırıcı olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi ve bu şekilde fonksiyonel ürün geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Atıştırılabilir ürünler

Üretimi ve tüketimi son yıllarda oldukça artış gösteren atıştırılabilir bir gıda olan cipsin gıda endüstrisinde önemli bir yeri vardır. Günümüzde çoğunluk olarak çocuk ve genç nüfusun yetişkinler kadar tercih ettiği ve ülkemizde yıllık 800 milyon dolara ulaşan pazar payına sahip olan cips ürünleri, kişi başına düşen cips tüketim miktarı Amerika'da 9 kg/yıl, Avrupa'da 5-6 kg/yıl ve Türkiye'de 1 kg/yıl olduğu belirtilmiştir. Cips tüketimi henüz Avrupa ve Amerika kadar olmasa da yapılan bazı çalışmalar cips tüketiminin ülkemizde %300'lük bir büyüme gösterdiğini ortaya koymaktadır (Pedreschi ve ark., 2008). 2012 yılında 1,1 milyar dolarlık ciro yaparak 90 bin tonluk satış hacmine ulaşan Türkiye cips pazarı, % 300'un üzerinde bir büyüme gerçekleştirmiştir. 2013 yılında ise 1,3 milyar dolarlık ciro ile bu pazar 105 bin tonluk satış hacmine ulaştığı belirtilmiştir (Özdemir ve Malayoğlu, 2017). Cips tüketimi, 2004 yılında kişi başına 400 g iken 2012 yılı itibariyle yaklaşık 1 kg'a yükselmiştir.

Bu ürünler çoğunlukla pişirildikten veya fırlandıktan sonra tat ve aroma zenginleştirmek amacıyla aroma tozları ile kaplanırlar. Bu aroma tozlarının hem ürünün tadını hem de görünüşünü ve böylece tüketici tercihini büyük oranda etkilediği belirtilmektedir. Tuzlu atıştırılabilir ürünler genellikle %6-12 arasında değişen miktarlarda aroma tozu ile kaplanırlar. Bunun %1,5-2'lik kısmını tuz oluşturur (Kuntz 1996). Bu aroma tozlarının yüzeylere eşit dağılması ve iyi bir yapışma özelliği göstermesi, ürün kalitesi ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından birçok önem arz etmektedir.

2.2. Aroma tozları ile kaplama

Gıda aroma tozları, kristal veya amorf yapıda olup gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Taşıma ve depolamada kolaylık, mikrobiyal stabilite gibi sağladığı bazı avantajlardan dolayı gıda hammaddeleri çeşitli teknikler kullanılarak toz haline

getirilirlir (Marabi ve ark., 2008; Forny ve ark., 2011). Pek çok gıda maddesi toz formunda üretilmiş ve ticarileştirilmiştir (Murrieta-Pazos ve ark., 2012). Bunlara örnek olarak yumurta tozu, süt tozu, gıda katkı tozları, vitamin tozları, toz formundaki baharatlar, aroma vericiler, renklendiriciler, tuz, şeker, un, malt içecekler, toz çorbalar, instant kahve vb. verilebilir (Ghosal ve ark., 2010). Aroma tozları ürünün albenisini arttırmakta ve tüketicinin tercihini doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışmada model toz olarak cam tozu ve tuz tozu, gıda aroma tozlarından kakao tozu ve kırmızı biber tozu, gıda tozlarından ise nişasta ve ksantan gam kullanılmıştır.

Tuz, besinlerin bileşiminde doğal olarak bulunduğu gibi, göllerden, denizlerden ve kayalardan saf olarak da elde edilir. Sofra tuzunun asıl adı “sodyum klorür” olup %60 klor ve %40 sodyumdan oluşur (Ayaz, 2008). Tuz lezzet verici olduğu kadar, vücudun sodyum ve klor gereksiniminin karşılanması için de önemlidir. Kan basıncının düzenlenmesi, sinirlerin uyarılması ve sıvı-elektrolit dengesinin sağlanması gibi sodyumun organizmada birçok işlevleri bulunmaktadır. Fazla tüketimi ise hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporoz, böbrek hastalıkları ve obezite gibi birçok hastalığa sebep olmaktadır (Tayfur ve ark., 2016; Besler ve ark., 2015). Günlük tuz tüketiminin 5 g'dan az tutulması önerilmektedir. Türkiye’de tuz tüketiminin günlük 15 g olduğu bildirilmektedir (Wyness ve ark., 2012). Tuz, antiseptik olması ve nem çekici özelliğinden dolayı besinlerde bozulmaya neden olan bakterilerin üremesine engel olmaktadır. Mutfakta kullanımının yanı sıra tarım, hayvancılık, gıda, tıp ve sanayinin birçok alanında önemli rol oynamaktadır.

Kakao tozu, temizlenmiş, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş kakao çekirdeğinin toz haline getirilmesi ile elde edilen ve kuru madde üzerinden kütlece en az % 20 oranında kakao yağı içeren ve % 9'dan fazla nem içermeyen toz haldeki ürün olarak Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği'ne (TGK, 2017) göre tanımlanmaktadır.

Kırmızı biber ise Solanaceae familyasına ait olan *Capcicum annum* türüne dahil bir sebzenin kurutulmuş olarak öğütülmesiyle elde edilen, yemeklere lezzet ve acılık vermek amacıyla kullanılan bir baharıttır. Ülkemizde kırmızı biber üretimi yaklaşık %80 oranında Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde yapılmaktadır (Taydaş ve ark., 1995).

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* suşundan biyoteknolojik yollar ile elde edilen yüksek molekül ağırlığına sahip ve D-glucuronik asit, D-mannoz ve D-glukoz ünitelerinden oluşan bir polisakkarittir. Ksantan gam gıda sanayinde soğuk ve sıcak

suda çözünebilmesi, ürüne kazandırdığı yüksek viskozite gibi kendine özgü fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı yoğun olarak kullanılmaktadır. Düşük yağ içeren gıdalarda ksantan gaminin rolü yağı direk olarak ikame etmek değil, viskozite ve yapısal özellikleri kontrol altına alan ve fazla suyu bağlayan bir araç olmasıdır (Khouryeh ve ark., 2005).

Nişasta, beyaz renkli, tatsız, kokusuz, bitki yumru ve tohumlarında yarı kristal tanecikler halinde depolanan, yapı olarak yüksek mertebeli glikoz polimerlerinden oluşmuş bir polisakkarittir. Su, alkol ya da diğer çözücüler içinde çözünmemektedir. Mısır, buğday, patates ve pirinç nişasta için önemli kaynaklardır (Kılıç, 2002).

Ksantan gam ve nişasta ise aroma tozları ile benzer yapı gösterdiği için, farklı toz örnekleri ile çalışılarak gıda aroma tozlarının farklı yapılandırıcılar ile gıda yüzeyine yapışma etkisi gözlemlenmiştir.

Gıda tozları karakteristikleri ve parçacık yüzey özellikleri tozların gıdalara uygulanmalarında (yüzey kaplama, agglomerasyon, dispersiyon, çözünürlük, adhezyon, kohezyon vb.) gösterecekleri davranışlarda kilit role sahiptirler. Bu nedenle gıda tozları davranışlarının ve fonksiyonelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için parçacık yüzey karakteristikleri, yüzey bileşenleri, fiziksel ve kimyasal etkileşimlerinin iyi bilinmesi ve birlikte değerlendirilmesi gereklidir (Murrieta-Pazos ve ark., 2012; Fitzpatrick ve ark., 2004).

Toz partiküllerinin yüzeylere yapışma gücü (adhezyon); ürün kalitesini, görünüşünü, tadını ve aroma tozu kayıplarının miktarını etkileyen önemli bir role sahiptir. Geleneksel olarak aroma tozlarının atıştırılabilir ürünlerin (cips, kraker vb) yüzeylerine yapıştırılması için yağ veya şeker çözeltisi kullanılmaktadır. Şeker çözeltisi tatlı ürünlerde şeker partiküllerini yapıştırmak için kullanılırken, tuzlu cips türü ürünlerde ise yapıştırmak için yağ kullanılır. Patates cipsinin % yağ çekme oranı ortalama %30'dur (Karadoğan, 1994).

Ticari olarak hazırlanan kraker, cips, patates kızartması, hazır kurabiye ve kekler, bisküvi, çikolata ve poğaçaya gibi pek çok gıdada trans yağ bulunabilmektedir. Yağ üretimi proseslerinde uygulanan yüksek sıcaklıktaki işlemlerde (özellikle 240°C ve üzerinde gerçekleştirilen deodorizasyon veya fiziksel rafinasyon) uygulanan sıcaklık derecesi ve süresi, basınç miktarı ve kullanılan buhar oranı trans yağ asidi oluşumunda önemli etkilere sahip olduğu belirtilmektedir. Trans yağ asidi tüketiminin çok zararlı

olduğu, bunların koroner damar hastalığı, ani ölüm ve şeker hastalığına neden olabileceği rapor edilmektedir (Çakmakçı ve Tahmas-Kahyaoğlu, 2012)

Kalori değeri yüksek ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri olan bu gıda bileşenlerini kullanmak yerine tüketici tercihleri de az yağlı/şekerli düşük kalorili gıdalara doğru yönelmekte iken alternatif işleme yöntemlerinin araştırılması gerekli hale gelmiştir.

Literatürde LAB'lerden elde edilen EPS'lerin gıda tozlarının gıda yüzeylerine yapışmasına etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada cips yüzeylerinde yağ yerine *Lactobacillus brevis* E25 suşlarından elde edilen ekzopolisakkaritlerin kullanılması ile bazı toz gıdaların yapışma gücüne (adhesion) etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.3. Toz gıdaların yüzeylere yapışması (adhezyonu)

2.3.1. Adhezyon

Adhezyon iki maddenin yapışmasını ifade eden, yüzeylerarası bağların oluşumunu olduğu kadar iki yüzeyin ayrılması için gerekli olan mekanik yükü/kuvveti de kapsayan fiziksel bir olgudur (Michalski ve ark., 1997; Mittal ve Demejo, 1995). Partiküllerin birbirine yaklaşması sonucu bir arada tutunmalarını sağlayan çekim kuvvetlerinin gücü partiküllerin fiziksel yapılarına ve partiküllerin etkileşim mekanizmasına bağlıdır (Papadakis ve Bahu, 1992). Gıdaların yüzeyine partiküllerin yapışması çoğunlukla van der Waals, elektrostatik ve kapiler kuvvetler ile olmaktadır. Eğer gıda yüzeyine herhangi bir sıvı uygulanmamışsa genellikle elektrostatik (Fes) ve van der Waals (Fvdw) kuvvetleri baskın haldedir. Bununla birlikte eğer yağ veya çözelti halinde şeker uygulanmışsa kapiler kuvvet (Fc) daha baskın hale gelmektedir (Adhikari ve ark., 2001; Ermis ve ark., 2009, 2011; Schubert, 1987). Adhezyon kuvvetinin büyüklüğü, yüzeydeki sıvının hidrofobik yapısı ile tozdaki partiküllerin polaritesine bağlı olarak bu sıvıya karşı gösterdikleri yapışma isteğine göre şekillenir (Dopfer ve ark., 2013). Yapılan bazı çalışmalarda tuz partiküllerinin yüzeylere yapışmasının yağ miktarının artışına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir (Barringer ve Buck, 2007; Enggalhardjo ve Narsimhan, 2005).

Armstrong ve Barringer (2013), farklı hidrokolloid çözeltilerinin gıda aroma tozlarının gıda yüzeylerine yapışmasına etkilerini incelemişler ve adhezyon kuvvetinin büyüklüğünün gıda aroma tozlarının türüne, fiziksel özelliklerine (partikül şekli,

geometrisi, boyutu, dağılımı) ve hidrokolloid çözeltilisinin türüne bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

2.3.2. Adhezyon ölçüm metotları

Tozların yüzeylere yapışma kuvvetini karakterize etmek için günümüze kadar bazı metotlar geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; yüzeye dikey ya da yatay olarak sıvı veya hava akımı uygulanması (Shukla ve Henthorn, 2009), atomik kuvvet mikroskobu (Mittal ve Demejo, 1995), santrifüj (Salazar-Banda ve ark., 2007), elektrik alanı (Takeuchi, 2006), ultrasonik veya mekanik titreşim uygulaması (Ogles, 2008; Vahdat ve ark., 2013), darbe uygulaması (Ermis ve ark., 2009) şeklinde sıralanabilir. Bu konuda geliştirilen teknikleri, Michalski ve ark. (1997) rapor etmişlerdir. Ancak geliştirilen bu metotların büyük bir çoğunluğu uygulamaya özgüdür ve genel kullanım açısından limitleyici faktörlere sahiptirler (Hu ve ark., 2010). Bu konuda en basit metot, yüzeye yapışan tozların geriye kalanlarının ağırlıklarının tartılmasıdır. Tozların yüzeylere yapışma kuvvetinin ölçülmesi için geliştirilen bir başka pratik metot ise mekanik titreşimli tabla hareketi sonucu gıda yüzeyinden kopan tozların tartılması şeklindedir (Michalski ve ark., 1997; Suderman ve Cunningham, 1981). Ermis ve ark. (2009, 2011) bu metoda dayalı yeni bir adhezyon test cihazı geliştirmişler (serbest düşme sonucu çarpma ilkesine dayalı) ve elde ettikleri sonuçları farklı tekniklerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. AFM ve santrifüj metotları diğer metotlara göre daha güvenilir, genel kullanıma uygun ve kesin sonuçlar vermekle birlikte AFM' nin tekil partikül üzerinde ölçüm yapması ve pahalı olması en önemli dezavantajlarıdır. Bu araştırmada da kullanım kolaylığı ve uygulanan kuvvetin kontrol edilmesinin mümkün olması nedeniyle santrifüj metodu tercih edilmiştir.

2.3.2.1. Santrifüj metodu

Gıda tozlarının parçacık-yüzey yapışma gücünü belirlemek için kullanılan metotlardan biri de santrifüj kuvvetinin kullanılmasıdır (Ermis ve ark., 2011; Salazar-Banda ve ark., 2007). Yöntem, değişken açsal hızların uygulanmasına ve üretilen merkezkaç kuvveti sonucunda yüzeyden ayrılan partiküllerin miktarının belirlenmesine dayanmaktadır.

Santrifüj metodu ile cips yüzeyindeki toz partiküllerinin adhezyon kuvvetinin sayısal olarak ölçümü yapılabilmektedir. Partiküllerin adhezyon kuvvetini ölçmede santrifüj kuvvetinin kullanımı, ağırlığı belirlenmiş partikül ile yüzey arasındaki adhezyon

kuvvetinden güçlü olan ve dolayısıyla partikülün yüzeyden kopmasını sağlayan eşik dönme devir sayısının tespiti esasına dayalıdır. Partiküllerin yüzeylerden koparılması için gereken kuvvet, partikülün büyüklüğüne ve dolayısıyla da ağırlığına bağlıdır (Zimon, 1982).

Partiküllerin adhezyon kuvvetini ölçmede santrifüj kuvvetinin kullanımı, ağırlığı belirlenmiş partikül ile yüzey arasındaki adhezyon kuvvetinden güçlü olan ve dolayısıyla partikülün yüzeyden kopmasını sağlayan eşik dönme devir sayısının tespiti esasına dayalıdır. Partiküllerin yüzeylerden koparılması için gereken kuvvet, partikülün büyüklüğüne ve dolayısıyla da ağırlığına bağlıdır (Zimon, 1982).

Partiküle yüzeyden kopma yönünde etki eden santrifüj kuvveti aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilmektedir (Lam ve Newton, 1991):

$$F_{cen} = M\omega^2 d_c \quad (1)$$

Burada M partikül ağırlığını (mg), ω açısal hızı (rad/s) ve d_c ise partikülün rotorun dönme eksenine olan uzaklığını (μm) ifade etmektedirler. Partikülü yüzeyden koparan eşik santrifüj kuvvetinin adhezyon kuvvetine eşit ancak zıt yönde olduğu kabul edilirse aşağıdaki eşitlik elde edilebilir:

$$\text{buradan da } F_{cen} = M \omega_d^2 d_c \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir. ω_d partikülün yüzeyden kopması için gerekli açısal hızı ifade etmektedir.

Kullanılmış toz örneklerinin yapısında bulunan partiküllerin ortalama ağırlıkları aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir.

$$M = \rho_p V_p \quad (3)$$

burada M bir partikülün ağırlığı, ρ_p ve V_p ise partikül yoğunluğu ve hacmini temsil etmektedir. Cam kürecikler düzgün şekilde ve tekdüze partiküller içereceği için partiküllerin küre şeklinde olduğu varsayılarak hacimleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir.

$$V_p = \frac{4\pi r^3}{3} \quad (4)$$

Burada r ortalama partikül yarıçapını ifade etmektedir. Partikül ortalama yarıçapı mikroskop, (Bel Bio) kamerası ve paket programı kullanılarak tespit edilebilir.

Tuz ise daha düzensiz ancak tekdüze partiküller içereceğinden partikül hacmi aşağıda verilen formül yardımı ile hesaplanabilir.

$$V_p = \frac{4Ar_e}{3} \quad (5)$$

Burada A partikülün öngörülen izdüşüm alanını, r_e ise partikülün eşdeğer yarıçapını ifade etmektedir.

Düzensiz (pürüzlü) şekildeki partiküllerin ortalama çapları Salazar-Banda ve ark. (2007)'de belirtildiği şekilde aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanabilir.

$$d_\beta = \frac{d_E + d_I}{2} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{\bar{d}_\alpha}{d_\beta} \quad (7)$$

$$\bar{d}_\alpha = \frac{(d_{\alpha 1} + d_{\alpha 2} + \dots + d_{\alpha n})}{n} \quad (8)$$

Burada d_β ortalama çapı, d_E dış çapı ve d_I iç çapı, α pürüzlülüğü ve \bar{d}_α aritmetik çapı ifade etmektedir.

Partiküle uygulanan santrifüj merkezkaç kuvveti (F_{cen}) toplam adhezyon kuvvetine eşit veya büyük olduğunda partikül yüzeyden kopar; küçük olduğunda ise partikül yüzeyde yapışık şekilde kalır.

Literatür çalışmalarına bakıldığında, ülkemizde gıda yüzeylerinde gıda tozlarının adhezyonu konusunda hiçbir gıda ürününde adhezyon özelliklerin test edilmediği görülmektedir. Hâlbuki endüstriyel üretim proseslerinde uygulanan arayüz materyaline bağlı olarak gıda tozlarının yüzeyden kopmaya karşı mekaniksel direnç (kopmaya karşı görülen adhezyon kuvveti) özellikleri de oldukça önemlidir; bu da ancak arayüz materyalinin ve toz partiküllerinin adhezyon özellikleri test edilerek belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada literatürden farklı olarak; EPS uygulanan gıda yüzeylerinden gıda tozlarının adhezyon ve yüzeyden kopma davranışlarının, yüksek devirli santrifüj kullanılarak geniş bir kuvvet spektrumunda çok hassas bir şekilde incelenmesi, bu suretle farklı bakteriyel kaynaklardan elde edilen EPS'lerin gıda tozlarının adhezyon davranışına etkileri test edilerek ürünün bu kuvvet aralığındaki adhezyon özellikleri belirlenmiştir.

2.4. Ekzopolisakkaritler

Bazı bakteriler buldukları gelişme ortamına hücre dışı bazı polimer maddeler salgırlar. Bu polimer maddeler bakteri hücrelerini çepeçevre kaplayabileceği gibi içinde bulunduğu ortama da serbest şekilde salgılanabilir (Sutherland, 1982). Bu doğada iyonik ya da iyonik olmayan formda bulunabilen ve suda çözünebilen mikrobiyel polimer maddelerin büyük bir kısmı (%40-95) yüksek moleküler ağırlıklı (10 ila 2000 kDa arasında değişen) ekzopolisakkaritlerden (EPS) oluşur. Geriye kalan kısımlar proteinler, nükleik asitler, fosfolipitler, humik asit, az miktarda yağ ve diğer polimerik bileşiklerden oluşur (Flemming ve Wingender, 2001). EPS'ler bakteri hücrelerinin yüzeylere yapışmasında önemli bir role sahiptir ve hücrenin olumsuz dış etkenlerden korunmasında görev alırlar (Sutherland, 1980). Ekzopolisakkarit (EPS) terimi ilk olarak Sutherland (1972) tarafından ileri sürülmüş ve hücre duvarı dışında lokalize olan bu bakteriyel polisakkaritlere verilmiş bir isim olarak kullanılmıştır (Cerning, 1995). *Leuconostoklar*, *streptokoklar*, *pediokoklar* ve *laktokoklar*, *laktobacillus* laktik asit bakterileri ile *propionobakterler*, EPS üreten bakterilerin başında gelmektedir (Tablo 2.1) (Ruas-Madiedo ve de los Reyes-Gavilan, 2005).

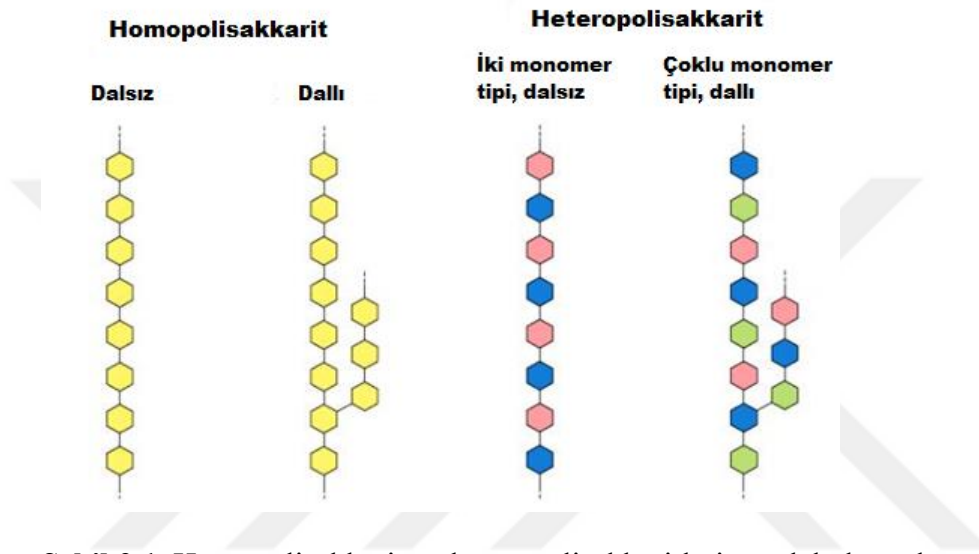
Tablo 2.1. Ekzopolisakkarit üretebilen laktik asit bakterileri (Milci ve ark., 2005)

Lactobacillus Cinsi	Streptococcus Cinsi	Lactococcus Cinsi	Leuconostoc Cinsi
<i>Lactobacillus hilgardii</i>	<i>Streptococcus mutans</i>	<i>Lactococcus lactis</i> spp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus mesenteroides</i> spp. <i>ceremois</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Streptococcus subrinus</i>	<i>Lactococcus lactis</i> spp. <i>ceremois</i>	<i>Lactococcus mesenteroides</i> spp. <i>mesenteroides</i>
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> spp. <i>thermophilus</i>		
<i>Lb. Delbrueckii</i> spp.			
<i>Lactis</i>			
<i>Lb. Delbrueckii</i> spp.			
<i>Bulgaricus</i>			

Ekzopolisakkaritler, hücreye sıkı bir şekilde bağlanmış kapsül formunda olan kapsüller EPS veya hücreye gevşekçe bağlı veya tamamen hücre dışına salgılanan ekzopolisakkaritler olarak iki formda olabilir. Kimyasal yapıları açısından mikrobiyal

EPS'ler homopolisakkaritler (HoPS) ve heteropolisakkaritler (HePS) olarak ikiye ayrılırlar. EPS'ler glikozit bağları ile birbirine bağlı olan şeker ünitelerinden oluşmaktadır.

Şekil 2.1'de gösterildiği gibi HoPS'ler glukoz veya fruktoz olmak üzere sadece tek tip şeker monomerinden oluşurlar. HePS'ler ise birden fazla farklı şeker ünitelerinden, dallanmış şekerlerden, diğer organik ve inorganik moleküllerden oluşabilirler (Karaca ve ark., 2010).



Şekil 2.1. Homopolisakkarit ve heteropolisakkaritlerin molekül yapıları

HoPS ve HePS'leri ürettiği tespit edilen başlıca mikroorganizmalar Tablo 2.2'de verilmiştir (Vaningelgem ve ark., 2004; De Vuyst ve Degeest, 1999). Örneğin selüloz, dekstran, mutan, alternan, pullulan, levan ve kurdlan HoPS yapıda, jellan ve ksantan ise HePS yapıda önemli EPS'lerdir. Bu monomerler arasındaki glikozidik bağların niteliği, birçok özgün EPS yapısının oluşmasına neden olmaktadır (Broadbent ve ark., 2003, Kumar ve ark., 2007).

Tablo 2.2. HePS ve HoPS yapıdaki EPSleri üretme yeteneğine sahip bazı mikroorganizmalar (Vaningelgem ve ark., 2004; De Vuyst ve Degeest, 1999)

HoPS	D-glukanlar	<i>Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides</i> , <i>Leu. mesenteroides subsp. dextranicum</i> , <i>Streptococcus mutans</i> ve <i>Str. sobrinus</i>
	β -D-glukanlar	<i>Pediococcus spp.</i> ve <i>Streptococcus spp.</i> ,
	Fruktanlar	<i>Streptococcus salivarius</i>
HePS		<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> , <i>L. rhamnosus</i> ve <i>L. casei</i> gibi mezofil laktik asit bakterileri (LAB) ve <i>L. acidophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> (<i>L. bulgaricus</i>), <i>L. helveticus</i> ve <i>Str. salivarius subsp. thermophilus</i> (<i>Str. thermophilus</i>) gibi termofil LABleri

HoPS: Homopolisakkaritler, HePS: Heteropolisakkaritler

Hüresel lokasyonları, kimyasal ve fiziksel özellikleri ve fonksiyonlarına göre EPS'ler hücre içi, hücre duvarı ve hücre dışı olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır:

- 1) Hücre yüzeyine kovalent bağlar ile bağlı, karbon ve enerji depolamada görevli olan kapsüller polisakkaritler,
- 2) Hücre duvarının bir bileşeni olan polisakkaritler, ilk iki gruptaki bu ikisi hücrenin bir parçasıdır.
- 3) Dış ortama salgılanan ya da hücre yüzeyi ile sıkı bir bağı olmayan, zayıf bağlarla bağlanmış polisakkaritlerdir (Mishra, 2013; Staudt, 2009).

Bu yapıların özgünlüğü ve aynı zamanda gıda, kimya, tıp ve farmasötik gibi alanlardaki doğal bileşenlere olan ihtiyaç ekzopolisakkaritlere olan ilginin artmasına neden olmuştur (Kanmani ve ark., 2011). Laktik asit bakterileri tarafından EPS üretimi son yirmi yıldır araştırmacıların dikkatini çekmiş, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* ve 30'dan fazla *Lactobacillus* türünün EPS ürettiği ve bu polimerlerin gıda sanayisinde kıvam verici, stabilize edici, emülsifiyer, yağ ikame edici veya diğer önemli konularda kullanılması söz konusu olmuştur (Badel ve ark., 2011; Broadbent ve ark., 2003).

2.5. Laktik asit bakterileri

Laktik asit bakterileri (LAB); gram-pozitif, aerobik olmayan fakat aerotolerant, katalaz negatif, hareketsiz, sitokroma sahip olmayan ve spor oluşturmeyen bakterilerdir. Bu bakterilere *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Tetragonococcus*,

Vagococcus, *Weissella*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Aerococcus*, *Oenococcus* ve *Pediococcus* cinsi bakteriler örnek olarak verilebilir (Bulut, 2003; Yüksekdağ, 2005). LAB; kok, çomak, tetra formasyon ve ovoid şeklinde bulunan bakterilerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. LAB hücre şekilleri

Bu bakteriler, gelişme sıcaklıkları bakımından termofil ve mezofil özellikte olup, 10-45 °C arası sıcaklıklarda ve yüksek tuz konsantrasyonlarında gelişme gösteren ve asit veya alkali tolere edebilirler ve heterotrof beslenme şekli gösterirler (Şahin, 1995; Etöz, 2006). En önemli son ürünleri şekerin fermantasyonu sonucunda oluşturdukları laktik asittir (Erten ve ark, 2014).

Genel olarak LAB'leri, fermente gıdalarda, bitkilerde, insan ve hayvan bağırsak mukozalarında bulunabilir. LAB'lar, glikozu iki şekilde parçalarlar;

1. Homofermentatif LAB: Glikozu, EMP (Embden-Meyerhoff-Parnas) yolunu kullanarak parçalaması sonucu %90 laktik asit ve %10 CO₂ açığa çıkarırlar.
2. Heterofermentatif LAB: Glikozu HMP (Heksoz monofosfat) yoluyla parçalayarak laktik asite ilave olarak etanol, asetik asit ve CO₂ gibi yan ürünler de açığa çıkarırlar (Bulut, 2003; Etöz, 2006).

LAB'ın açığa çıkardığı laktik asit ve diğer yan ürünler; gıdaların besin değerinde, tat, koku, tekstür gibi duyuşal özelliklerinde ve ürünün raf ömründe olumlu değişimler meydana getirmiş ve gıdalarda kullanımı daha da yaygın hale gelmiştir (Evren ve ark., 2011). EPS'nin teknolojik özelliklerinden dolayı gıdaların bu özelliklerini EPS sentezleyen LAB'leri ise daha da iyi hale getirmekte ve geliştirmektedir.

Lactobacillus cinsi bakteriler gram pozitif, spor oluşturmayan, hareketsiz, asidurik veya asidofilik özellikte ve mikroaerofiliktir ve genel olarak bu bakteriler katalaz negatif özellik göstermektedirler (Fugelsang ve ark., 2007). Şekilleri çubuk olmakla beraber uzunluğu ve eğriliği ortamın bileşimine ve oksijen gerilimine bağlıdır. pH 7,2 civarında maksimum gelişebildikleri pH'dır, optimum pH ise 5,5-6,2 değerleri arasında optimum sıcaklıkları ise 30-40°C arasında olup gelişebilme sıcaklık aralığı

ise 2-53°C'dir (Idler ve ark., 2015; König ve ark., 2009; Sun ve ark., 2014). Gıda mikrobiyolojisi ve insan beslenmesi için önemli olan bu cins bakterilerin bazı türleri aynı zamanda probiyotik özellik göstermektedirler (König ve ark., 2009).

Daha öncede ifade edildiği gibi LAB'leri hem HoPS hem de HePS üretme kabiliyetindedir. LAB'leri tarafından üretilen HoPS'lar glikoz ünitelerinden oluşmuş glukcan veya dekstranlar olarak adlandırılan polimerleri veya fruktoz ünitelerinden oluşmuş fruktan veya levan olarak tanımlanmış polimerleri üretmektedirler (De Vuyst ve Degeest, 1999). LAB tarafından üretilen HePS'ler temel olarak glikoz, galaktoz ve ramnoz olmak üzere farklı şeker monomerlerinden veya organik veya inorganik diğer gruplardan oluşabilirler. Her iki kimyasal grup açısından monomerlerin bağlı oldukları glikozidik bağların yapısı çok çeşitli polimerlerin açığa çıkmasına neden olmaktadır (Badel ve ark., 2011). Farklı grupların tekrarlayan EPS ünitesinde bulunması EPS kimyasal konfigürasyonunu belirlediği gibi EPS'lerin fizikokimyasal özelliklerini de belirlemektedir. Yapılan çalışmalar EPS'lerin genel olarak nötral veya negatif yüklü (fosfat gruplarının varlığı) olduğunu, bulunduğu kimyasal gruplara göre değişebildiğini göstermektedir (Badel ve ark., 2011).

LAB türlerinin ürettikleri EPS yapısındaki kimyasal gruplara ilave olarak EPS üretim seviyesi de yüksek oranda farklılık arz etmektedir ve EPS üretim miktarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi de son derece önemlidir. Ortam bileşimi, fizikokimyasal ve kinetik parametreler gibi koşullara bağlı olarak değişebilen EPS üretim miktarı oldukça değişken olabilmektedir (Boels ve ark., 2003; Dupont ve ark., 2000). Laboratuvar ortamında kültürlerden EPS üretiminin miktarsal olarak en fazla olduğu fazın özellikle besin maddelerinin azaldığı ve üremenin yavaşladığı durağan faz olduğu bildirilmiştir (Manca ve ark., 1996). Örneğin dört *L. rhamnosus* suşunun EPS üretim miktarları incelenmiş ve bu suşların EPS genetik mekanizması aynı olsa da EPS üretim miktarlarının 61-1611 mg/L arasında değiştiği bulunmuştur (Peant ve ark., 2005). Hücre içi ve hücre dışı faktörler EPS üretim miktarını etkilemektedir. Bu faktörler; ortam ve gelişme şartları (sıcaklık, inkübasyon sıcaklığı ve süresi, karbon:nitrojen oranı, pH, vitamin ve mineraller) (Broadbent ve ark., 2003; De Vuyst ve Degeest, 1999), şeker nükleotitlerin bazal hücre metabolizmasındaki yeterlilikleri (Levander ve ark., 2002), bakteri tarafından kullanılan karbon kaynağı ve EPS üretiminden sorumlu gen kümesinin transkripsiyon miktarı gibi faktörleri içerir.

Çevresel faktörlerin EPS üretimindeki rolü nedeniyle maksimum EPS seviyesinin üretimini sağlayacak koşulların belirlenmesi son derece önemlidir.

Gıda endüstrisi açısından ekzopolisakkaritler viskoziteyi artırıcı, stabilize ve emulsifiye edici özelliklerinden ötürü son derece önem arz etmektedirler (Kanmani ve ark., 2011). Hücre dışına salgılanan ekzopolisakkaritlerin gıda sanayisinde temel kullanım amacı bu tür özelliklerin sağlanmasıdır. Bu amaca yönelik olarak kullanılan EPS'lere dekstranlar, ksantan, jellan, pullulan, maya glukanoları ve bakteriyel aljinatlar örnek olarak gösterilebilir (Wang ve ark., 2008). Son yıllarda farklı mikroorganizma kültürlerinden EPSlerin eldesi, tanımlanması ve farklı kullanım alanları (yapıştırıcı, jelleşme ajanı, kıvam artırıcı vb) konularına olan ilgi artmaktadır. Özellikle LAB'nin ürettiği EPS'in sağlık üzerine de olumlu etkilerini belirten çok sayıda araştırma mevcuttur. Örneğin, Kitazawa, Yamaguchi, Miura, Saito ve Itoh (1993), EPS'in insan sağlığı üzerinde birtakım faydalı fizyolojik etkileri olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu etkiler arasında antitümör, antiviral, bağışıklık sistemini uyarıcı, kolesterol seviyesini düşürücü, iltihap sökücü ve prebiyotik özellikler gibi aktiviteler bulunmaktadır (Arena ve ark., 2006; De Stefano ve ark., 2007). EPS'in bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, LAB kaynaklı EPS'lerin gıdalarda doğal bir katkı maddesi olarak kullanılabilmesi ve stabilizatör, kalınlaştırıcı, jelleştirici, yapıştırıcı ve su bağlayıcı özelliklerinden dolayı kimyasal, bitkisel ve hayvansal orijinli katkı maddelerine de alternatif olabileceği ortaya çıkmaktadır (Kim ve ark., 2006).

Bu çalışmada, bir LAB türü olan ve ekşi hamurdan izole edilen *Lactobacillus brevis* E25'ten elde edilen EPS'nin bazı gıda aroma tozları, nişasta, ksantan gam, tuz ve cam tozlarının gıda yüzeylerine yapışmasına etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Günümüzde gıda aroma tozlarının yüzeylere yapışması için çoğunlukla yağ ve çözelti halinde karbonhidrat yapılar kullanılmaktadır. Bu bileşenler yüksek kalori içeriği nedeniyle fazla miktarlarda tüketimi sağlık açısından olumsuzluklar (obezite, damar tıkanıklığı, kolesterol vb.) oluşturabilmektedir. EPS'lerin yapışma özelliğinin atıştırmalık ürünlere uygulanmasının kalori değerini azaltıp sağlığa olumlu etkilerini artıracağı düşünülmüştür.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda mikroorganizmaların ürettiği EPS'lerin gıdaların çeşitli kimyasal ve organoleptik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Süt ve süt ürünlerinde, viskoziteyi artırıcı, yapıyı düzenleyici, su bağlayıcı, stabilize ve emulsifiye edici gibi özellikleri nedeni ile viskoziteyi artırmak, süt pıhtısının yapısını

ve kıvamını iyileştirmek ve yoğurtların serum ayrılması özelliğini azaltmak için kullanılmaktadır (Pektaş, 2014). Yoğurt ve peynirin yanı sıra kefir ve ekşi hamur gibi bazı fermente ürünlerinde ve fırıncılık ürünlerinde de özelliklerini olumlu yönde etkilemektedirler. EPS'nin hamura katılmasıyla gluten yumuşayarak yapı gelişmekte, raf ömrü uzamakta ve son üründe hacim artışı meydana gelmesiyle ekmek kalitesi gelişmektedir (Soyuçok ve ark, 2016). Yapılan bazı çalışmalarda EPS'lerin gıda dışı materyallerde (ahşap ve plastik) yapışma özelliği gösterdiği ortaya konmuştur (Nichols ve ark., 2009). Bu tür özelliklerinden dolayı EPS üreten mikroorganizmalar ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedirler. Bu nedenlerden ötürü, literatürde EPS üreten çeşitli bakteri suşlarının izolasyonu ve identifikasyonu üzerinde çok sayıda araştırma yapılmış, ancak elde edilen EPS'lerin gıda yüzeylerine yapışma düzeyi üzerine etkilerinin detaylı olarak incelendiği ve sonuçların ortaya konulduğu herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, liyofilize olarak toz haline getirilmiş EPS'lerin gıda yüzeylerinde gıda tozlarının yapışmasına etkilerinin detaylı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Böylece elde edilen sonuçlar, tüm bu özelliklerin birbirleri ile bağlantılı bir bütün olarak incelendiği bir bilimsel çalışma olmadığından literatürdeki bilgi boşluğunun doldurulması ve bu özelliklerin önemli olduğu gıdaların üretiminde üreticilere büyük bir katma değer sağlaması hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada kullanılan EPS üretimi için kullanılan *Lactobacillus brevis* E25 suşu, Bayburt Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırmacıları tarafından sağlanmıştır. EPSlerin üretimi ve liyofilize toz haline getirilmesi çalışmaları Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırmacıları tarafından gerçekleştirilmiştir.

Mısır cipsi üretimi için, mısır unu ve tuz Halkalı'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Ayçiçek yağı (Biryag) (Trakyabirlik, Edirne, Türkiye), nişasta, kırmızı biber tozu, kakao tozu yine Halkalı'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Ksantan gam, Vankim Ltd. Sti.'nden (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir. Model toz olarak kullanılan cam tozu Özgürler Ltd. Şti.'nden (İstanbul, Türkiye) temin edilmiş ve eleklerden geçirilerek fraksiyonlara ayrılmıştır. Bir diğer model toz olan tuz ise kaya tuzu şeklinde Halkalı'da yerel bir marketten temin edilerek öğütülmüş ve eleklerden geçirilerek fraksiyonlarına ayrılmıştır. Ahşap kaplama malzemesi İstanbul İkitelli OSB'de faaliyet gösteren bir mobilya üreticisinden temin edilmiştir.

Cam tozu bir gıda tozu olmamasına rağmen yapışma testlerinde kullanılarak camın gıda yüzeyine farklı yapıştırıcılar (yağ, saf su, farklı konsantrasyonlardaki EPS'li çözeltileri) ile yapışması karakterize edildi. Cam tozu parçacıkları, kimyasal ya da gıda içindeki bileşenler ile etkileşime girmeyip inert bir malzemedir. Cam ne kadar inertse tuz tam tersi suya karşı ilgisi yüksek bir madde olmasından dolayı bu 2 zıt malzeme yapışma testlerinde model toz olarak kullanılmıştır. Kakao tozu ve kırmızı biber tozu, gıda aroma tozu kategorisinde değerlendirilmiştir.

3.2. Cips örneklerinin üretilmesi

Araştırmada kullanılan cips örnekleri, Enggalhardjo ve Narsimhan, (2005)'in belirttiği şekilde laboratuvar ortamında üretilmiştir. Bu amaç için %10-12 nem içeren orta incelikte 50 gr mısır ununa, 1 gr ksantan gam (%2) ve 0,5 gr tuz (%1) eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra hamurun son nem miktarı %53 olacak şekilde 34 ml saf su

yavaş yavaş eklenmiş ve laboratuvar tipi bir karıştırıcıda 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra hamur 30 dakika dinlendirilmiştir. Daha sonra hamur ince bir tabaka (1,5 mm) şeklinde masa üzerinde yayılarak 2x3 cm ebatlarında elips şeklinde kesilmiştir. Şekil 3.1.'de görülen kalıp kullanılarak şekil verildikten sonra fırında 200 °C'de 8 dakika Arçelik marka 9620 MI modelli fırın ile pişirilmiştir. Pişirme işlemi bittikten sonra oda sıcaklığında soğutulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Mısır cipsi üretimi için dizayn edilen cips kalıbı



Şekil 3.2. Elde edilen mısır cipsleri

3.3. EPS'lerin aroma tozlarının gıda yüzeylerine yapışması üzerine etkilerinin belirlenmesi

3.3.1. EPS çözeltisinin hazırlanması ve uygulanması

Liyofilize olarak toz haline getirilmiş EPS, bir defa distile edilmiş su içerisine farklı konsantrasyonlarda (%5-40) ilave edilerek 18000 rpm'de 5 dakika homojenize edilmiştir. Toz halde ki EPS ve yapışma testlerinden sonra kalan EPS çözeltisi -18°C'de muhafaza edilmiştir. -18°C'den çıkan EPS çözeltisini buz halinden çözmek için benmari usulü ile ısıtılarak EPS'nin su içerisinde iyice çözünmesi sağlanmıştır. EPS çözeltilerinin cips yüzeylerine uygulanması ince yapılı bir fırça yardımıyla

gerçekleştirilmiştir. Cips yüzeyine gıda aroma tozları, belli bir miktarda olmayıp değişen miktarlarda (%3-10 ağırlıkça), uygun mesh büyüklüğündeki elekler (63µm-100µm-200µm-425µm-500µm) yardımıyla yüzeylere gıda aroma tozları serpiştirilmiştir. Gıda aroma tozları ile kaplanan cips örnekleri, adezyon testi öncesinde yüzeye uygulanan çözeltinin içerisinde bulunan serbest suyun uzaklaşması için vakumlu kurutucuda 35 °C de 24 saat kurutulmuştur. 24 saatin sonunda cips örnekleri, aşağıda detayları belirtilen adezyon testine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her bir denemede 3 paralel çalışılmıştır.

Ayrıca ayçiçek yağı ve saf su, cips yüzeylerine ince yapılı bir fırça yardımı ile uygulanmış ve değişen miktarlarda (%3-10 ağırlıkça), uygun mesh büyüklüğündeki elekler (63µm-100µm-200µm-425µm-500µm) yardımıyla gıda aroma tozları ile kaplanarak, EPS çözeltisinin yapışmaya olan etkisini karşılaştırmalı olarak ortaya koymak amacıyla referans olarak kullanılmıştır.

3.3.2. Kullanılan gıda aroma toz örneklerinin karakterizasyonu

Mısır cipsi örneklerini kaplamak için seçilen gıda aroma tozları Şekil 3.3' te verilmiştir. Farklı partikül boyutlarında (0-100, 100-200, 200-425 ve 425-500 µm) cam tozu (A) ve tuz (B) model toz olarak kullanılmıştır. Ksantan gam (C), kakao tozu (D), nişasta (E), ve kırmızı biber tozu (F) da yapışma testine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.3. Yapışma testlerinde mısır cipsini kaplamak için kullanılan gıda aroma tozları. A: Cam tozu, B: Tuz, C: Ksantan gam, D: Kakao tozu, E: Nişasta, F: Kırmızı biber tozu

Lazer difraksiyon cihazı (Shimadzu SALD-2300) ile gıda aroma toz örneklerinden nişasta, ksantan gam, kakao tozu ve kırmızı biber tozunun partikül boyut dağılımları analiz edilmiştir (Armstrong, 2013; Zafar, 2014). Boyut dağılımı D[4,3] değerinde verilmiştir. D[4,3] ifadesi, toz kütleindeki bütün partiküllerin %90'ının bu değer altında olduğunu ifade etmektedir (Afoakwa ve ark., 2009).

Gıda aroma toz örneklerinin farklı büyüklüklere sahip olacak şekilde (32 ile 500 µm arası) fraksiyonlara ayrılması laboratuvar tipi elekler (63-100-200-425-500 µm) yardımı ile gerçekleştirilmiştir (Enggalhardjo ve Narsimhan, 2005).

3.3.3. Gıda tozlarının hidrofilik/hidrofobik özelliklerinin belirlenmesi

Hidrofobisite, polar olmayan bileşiklerin su gibi polar özellikteki ortam ile arasındaki itme kuvvetidir (Konak ve ark., 2014). Polar moleküllerde moleküldeki artı yük merkezi ile eksi yük merkezi dengede değildir. Bir tarafı eksi diğer tarafı artı yük özelliği gösterir. Apolar moleküller ise, molekülün uçlarında yük taşımayan veya uç kısımlarında aynı işaretli yük olan moleküller olarak ifade edilmektedir (Ercan, 1987).

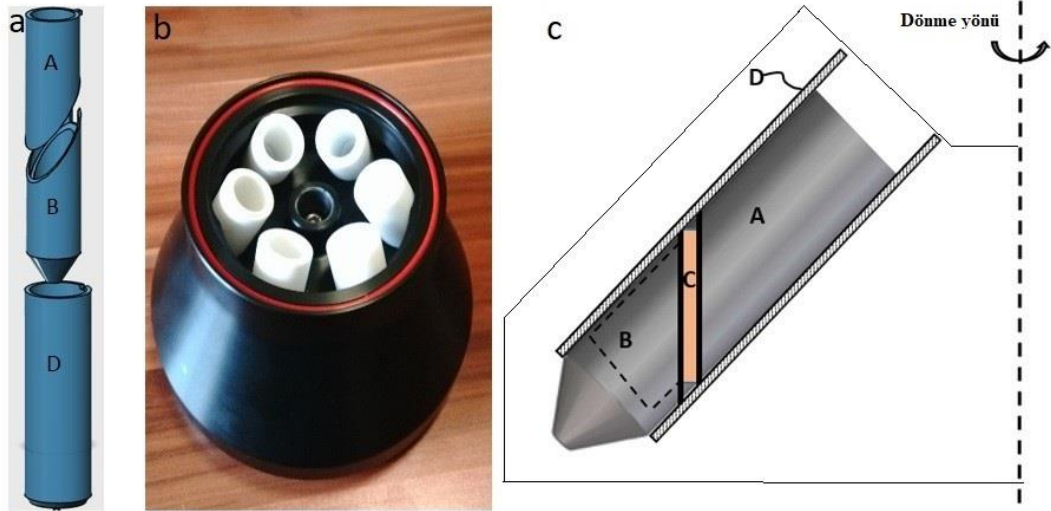
Gıda endüstrisinde emülsiyeye haldeki ürünlerin stabilitesinin sağlanmasında önemlidir (Hiemenz, 1986). Bir katının ıslanmazlığının veya ıslanabilirliğinin belirlenmesi, o katının yüzeyine bırakılan bir su damlasının yüzey ile yaptığı açı olan temas açısına (θ) bağlı olarak ifade edilebilir. Yüzey ne kadar hidrofilik karakterde ise su ile yüzey arasındaki adhezyon kuvvetleri suyun kendi molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetlerinden daha baskın hale gelir ve suyu kendine çeker ve açığı düşürür. Sıfır derecede veya buna yakın bir açıda mükemmel ıslanma gerçekleşir. Tam tersi, yüzey ne kadar hidrofobik yapıda ise o zaman sistemde su molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetleri, su ile yüzey arasındaki adhezyon kuvvetlerinden daha baskın olur ve bu sayede su damlası yüzeyden uzaklaşarak toplanır buna ıslanmazlık durumu denir. Bu temas açısı 150° 'nin üzerinde olursa buna mükemmel ıslanmazlık veya süperhidrofobik hali denir (Chakradhar ve ark., 2011; Shang ve ark., 2005).

Bu analiz için ayırma hunisinden yararlanılmıştır (Armstrong, 2013). Bu amaçla ayırma hunisinin içerisine 50 ml polar (etanol) ve 50 ml apolar (petrol eteri) iki çözügen konulmuş ve içerisine 10 g toz örnek eklendikten sonra karıştırılmış 2 saat süre ile beklenmiştir. Bu süre sonunda iki farklı çözügende çözünen toz örneğin üç faza (polar, apolar ve arafaz) ayrışması bekletilmiştir. Daha sonra bu 3 faz huniden ayrı ayrı alınarak dönerli buharlaştırıcı (rotary evaporatör) (Stuart Scientific RE 300) yardımı

ile çözünen uzaklaştırılmış geriye kalan toz kısımlar tartılmış ve böylece çalışmada kullanılan toz örneğinin hidrofilik/hidrofobik özellikleri belirlenmiştir.

3.3.4. Santrifüj tüpü dizaynı ve üretimi

Gıda tozlarının gıda yüzeylerine yapışmasının karakterizasyonu ve ölçümü için yüksek hızlı masa üstü santrifüj cihazı (İnovia İNO-H/T 16MM model) kullanılmıştır. Santrifüj cihazının rotorunun hızlanmasının programlanabilir olması ve yavaş hızlanmasının sağlanması ilk hızlanma aşamasında ani hareketlenme sonucu, yüzeyden partikül kopmalarını önlemek için gereklidir. Santrifüj cihazında 6x50 ml rotor (INO-HT, INOVIA) kullanılmıştır. Bu araştırmada cips örneklerini dönme eksenine dik pozisyonda tutacak şekilde, santrifüj rotorundaki tüp yuvasına yerleştirilebilecek şekilde örnek tüpler tasarlanmış (Solidworks® CAD programı kullanılarak) ve 3D CAM yazıcılar yardımı ile 6 adet 50 mL ve 10 adet 5 mL hacme sahip tüp üretimi hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4, Şekil 3.5).

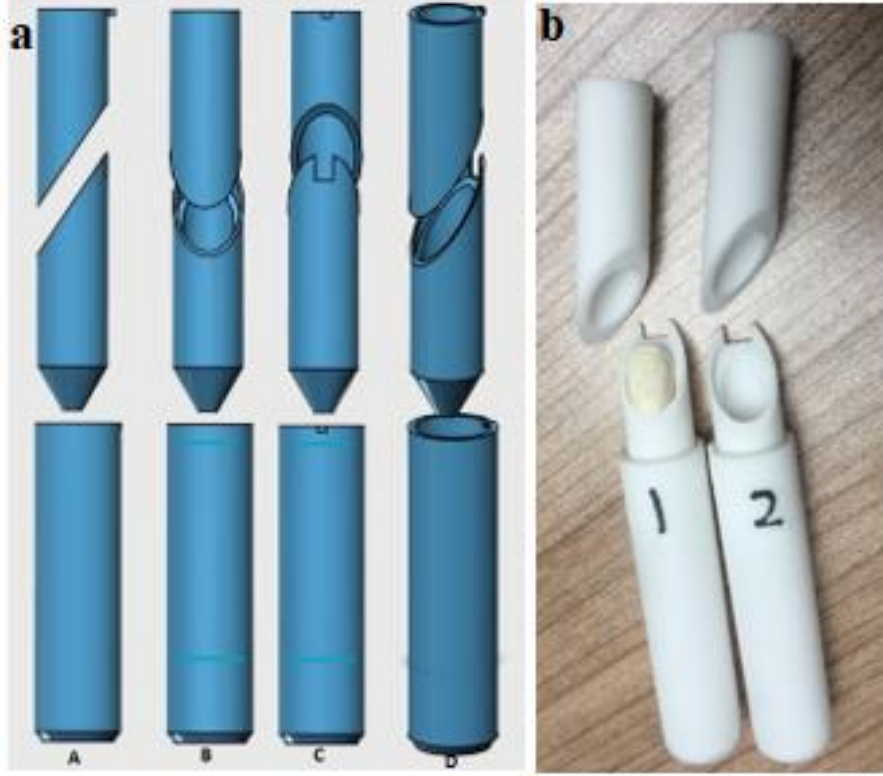


Şekil 3.4. Cips örnekleri için kullanılan (a) tüp dizaynı ve (b) tüplerin kullanılacağı santrifüj rotoru, (c) tüpün rotor içindeki duruş şekli. A-tüpün üst kısmı, B-tüpün içerisinde boşluk olan alt kısmı, C:cips örneği, D:tüpün alt ve üst kısmını bir arada tutan silindirik parça.



Şekil 3.5. 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş örnek tutucu tüpler (solda 50 mL hacimdeki tüpler ve sağda 5 mL hacimdeki tüpler)

Şekil 3.6’te gösterildiği gibi cips örneği tüpün üst ve alt kısımlarının tam ortasına oturacak şekilde dizayn edilmiştir. Eşit miktarda toz kaybı oluşması, ayrılacak toz parçalarının tekrar üstüne düşmesinin engellenmesi için tüplerin içerisine örnekler, dönme eksenine dik pozisyonda ve tozla kaplanmış yüzeyler dışa bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde aynı anda 6 farklı örnekte adhezyon testi simültane olarak gerçekleştirilebilmiştir.



Şekil 3.6. (a)Örnek tutucu tüp çizimleri (A:yandan görünüş, B:önden görünüş, C:arkadan görünüş, D:genel görünüş), (b) Cipsin tüp içinde duruş şekli

3.3.5. Adhezyon (yüze yapışma) testi

Mısır cipsi örneklerine yapılacak yapışma testine göre ayçiçek yağı, saf su ya da farklı konsantrasyonlardaki (%0, %20, %40) EPS çözeltisi ince yapılı fırça yardımıyla uygulanmış daha sonra gıda aroma tozları ile kaplanmıştır. Mısır cipsine uygulanan gıda aroma tozunda, kopan toz miktarı yüzde olarak hesaplanmıştır. Bu sebeple, gıda aroma tozu serpiştirildikten sonra 1 kere laboratuvar tipi cimbiz ile yan çevirilip üzerindeki fazla toz alınmıştır. Toz (cam, tuz, nişasta, ksantan gam, kakao tozu ve kırmızı biber tozu) ile kaplanmış cips örnekleri adhezyon testinden önce 24 saat vakumlu kurutucuda bekletilerek kurumasi sağlanmıştır. Dizayn edilen tüplerin içerisine cips örnekleri uygun şekilde yerleştirilerek santrifüj rotorunun yuvalarına konulmuştur. Santrifüj dönme hızının, 1000, 2000, 3000 ve 4000 rpm şeklinde artırılması ile yüzeylerden kopan partikül miktarı yüzde olarak tespit edilmiştir. Bu şekilde artan şekilde santrifüj dönme hızlarının kullanılması, cips üretimi esnasında ve paket içerisinde cipsler üzerine etki edecek olan titreşim, çarpma ve çeşitli darbe sonucu oluşabilecek olan kuvvetlerin değişkenliğini simüle edebilmek için tercih edilmiştir. Testler 3 paralel şekilde çalışılmış, hesaplanan değerler tek yönlü varyans

analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile farklılıkların önem derecesi belirlenmiştir ($p<0,05$).

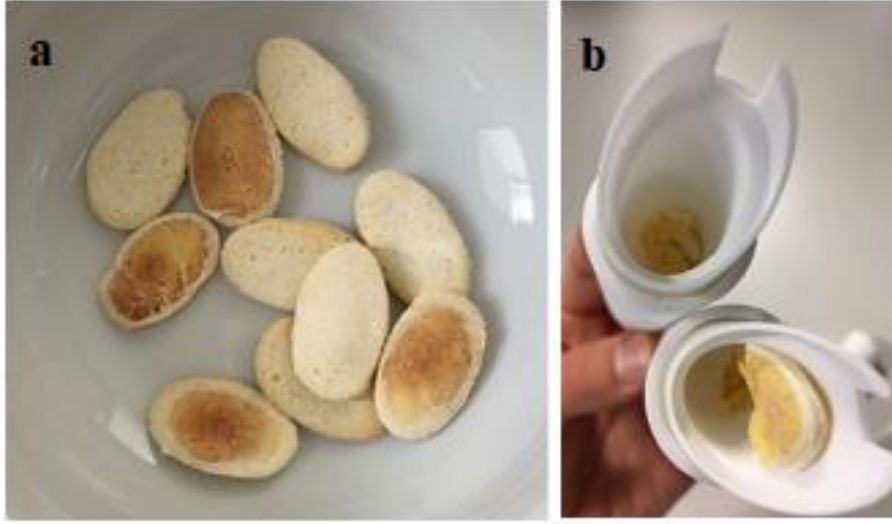
Cips örnekleri, EPS çözeltisi uygulanmadan önce ve sonra; toz kaplama işleminden sonra; desikatörde kuruduktan sonra ve adhezyon testinden sonra hassas terazide tartılarak % toz kayipları 9 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ermis ve ark., 2011).

Adhezyon (%) =

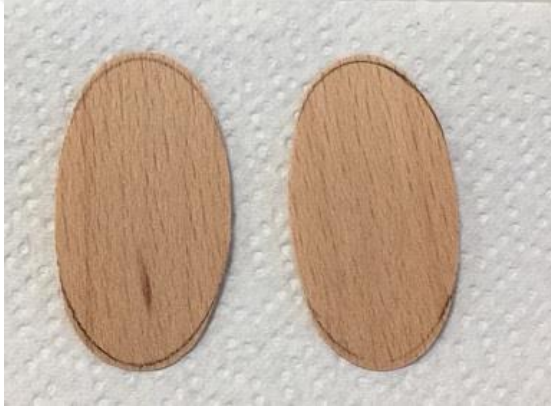
$$\frac{[(\text{santrifüj işleminden sonraki ağırlık} + \text{kurutma kaybı}) - \text{çözelti ile kaplama sonrası ağırlık}]}{[\text{tozla kaplama sonrası ağırlık} - \text{çözelti ile kaplama sonrası ağırlık}]} \quad (9)$$

Testler 3 paralel şekilde çalışılmış ve hesaplanan değerler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile farklılıkların önem derecesi belirlenmiştir ($p<0,05$).

Yapışma testlerinde kullanılmak üzere mısır cipsi örnekleri hazırlanmış (Şekil 3.7a) ancak santrifüj tüplerinde yüksek devirlerde (2000 rpm ve üzeri) kırılmışlardır (Şekil 3.7b). Bu nedenle B planı devreye alınarak 1 mm kalınlığındaki ahşap pullar istenilen elips şeklinde kesilerek testlerde kullanılmıştır (Şekil 3.8). Ahşap pullar, yüzey pürüzlülük özelliklerinin ve kimyasal yapılarının mısır cipsine benzerlik göstermesi nedenleri ile mısır cipsine alternatif olarak seçilmişlerdir. Ahşap pullara uygulanan saf su ve EPS çözeltileri sonucunda ahşap pul kıvrılarak şekil değiştirmiş ve tüpün içine yerleşmemiştir. Arkasına ağırlık yapacak şekilde kalın karton yapıştırarak ahşap pul yüzeyi düz tutulma imkânı elde edilmiş ve o şekilde yapışma testlerine devam edilmiştir.



Şekil 3.7. (a) Fırında üretilen cips örnekleri, (b) santrifüj tüpünde kırılmış olan cipsler



Şekil 3.8. Elips şeklinde kesilen ahşap pullar

3.4. Yüzeylerin SEM analizi

Test edilmiş ürüne göre ön hazırlık işlemleri tamamlanan örneklerin yüzeylerinin mikroyapıları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Philips ESEM XL30 FEG, FEI-Philips, Eindhoven, Hollanda) ile incelenmiş ve ilgili görüntüler fotoğraflanarak mikroyapılar hakkında bilgi toplanmıştır.

3.5. Duyusal analizler

%40 konsantrasyonlu EPS çözeltisi ile kaplanmış cips örnekleri ile ayçiçek yağı kullanılarak kaplanmış cips örnekleri ve sade cips örneklerinin kapalı plastik kaplarda, oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra duyusal değerlendirmeleri yapılmıştır. Duyusal testler, bu ürünlerde deneyimli 10 farklı gıda bilimcisi panelist tarafından 10 skalalı (1-10 arası) hedonik gösterge çizelgesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Altuğ

ve Elmacı, 2005). Buna göre puanların dağılımı şu şekilde olmuştur: 10-fevkalade, 9-mükemmel, 8-çok iyi, 7-oldukça iyi, 6-iyi, 5-orta, 4-ortanın altı kötünün üstü, 3-kötü, 2-çok kötü ve 1-aşırı kötü. EPS uygulanarak kaplanmış cips örnekleri; renk, ağızda bıraktığı tat, ağızda erime, yabancı tat ve aroma ve genel beğeni kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Duyusal analizler için hazırlanan duysal test formu Ek-1'de verilmiştir.

3.6. İstatistiki analizler

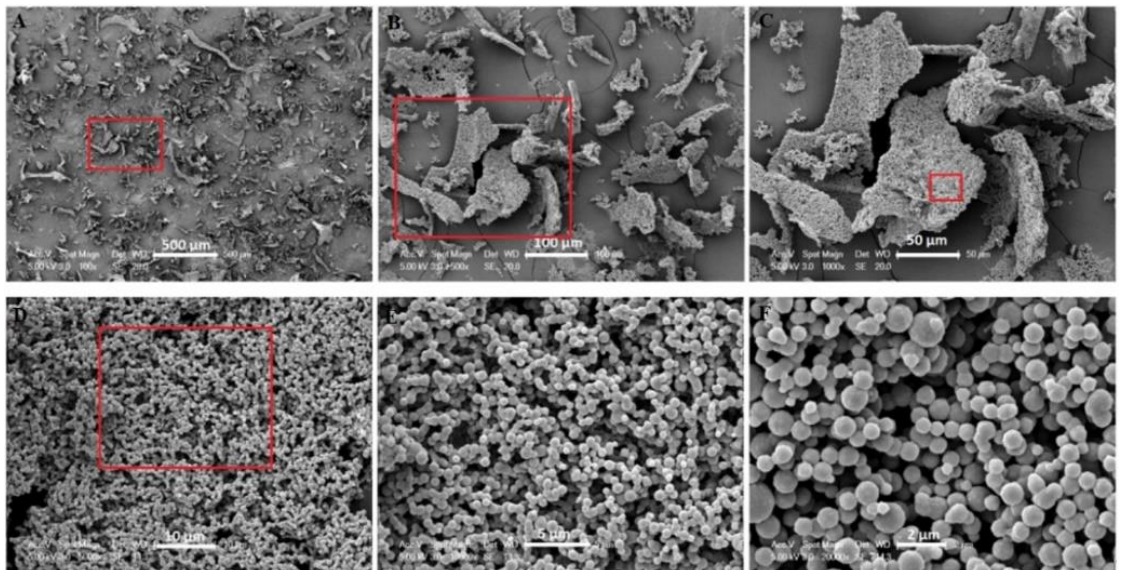
Deneyle 3 tekrarlı yapılmış, ortalama ve standart sapmalar hesaplanmıştır. Ortalama değerler arasındaki farklılıklar Minitab 17 istatistik programı kullanılarak ANOVA Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak belirlenmiştir ($P < 0,05$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus brevis* E25'ten elde edilen ekzopolisakkaritlerin, farklı gıda tozlarının katı yüzeylere yapışmasına etkisini araştırmak amacıyla ahşap pul ve mısır cipsi yüzeylerine ayçiçek yağı, su ve EPS çözeltileri uygulandıktan sonra cam tozu, kaya tuzu ve gıda tozları (nişasta, kakao tozu, kırmızı biber tozu ve ksantan gam) ile kaplanarak santrifüj yöntemi ile yapışma (adhezyon) testleri gerçekleştirilmiştir. Santrifüj yöntemi ile yüzeylerden kopan partikül miktarı tespit edilmiştir.

4.1. Toz örneklerinin parçacık özellikleri ve boyut analizi

Partikül boyut analizi, EPS parçacıklarının yaklaşık % 65'inin 100 µm'nin altında olduğunu, geriye kalan parçacıkların büyüklüğünün ise 1 mm'ye kadar değişen büyüklüklerde olduğunu göstermiştir. Bu durum, ince parçacıkların boyutundaki aglomerasyon ve varyasyona atfedilebilir. Şekil 4.1, EPS parçacıklarının SEM görüntülerini ve yüzey özelliklerini göstermektedir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, küresel EPS parçacıkları, düzensiz ve pul benzeri bir şekle sahip olan daha büyük parçacıklar oluşturmak için birbirine yapışmış haldedirler.



Şekil 4.1. EPS parçacıklarının SEM görüntüsü. A-EPS parçacıklarının 500µm boyutundaki görüntüsü, B- EPS parçacıklarının 100µm boyutundaki görüntüsü, C- EPS parçacıklarının 50µm boyutundaki görüntüsü, D- EPS parçacıklarının 10µm boyutundaki görüntüsü, E- EPS parçacıklarının 5µm boyutundaki görüntüsü, F- EPS parçacıklarının 2µm boyutundaki görüntüsü

Kırmızı biber tozu, nişasta, kakao tozu ve ksantan gamı için ortalama partikül çapı (D [4,3]) değerleri sırasıyla 190, 120, 136 ve 91µm olarak belirlenmiştir. Mısır cipsinin nem miktarı 8,07 olarak belirlenmiştir. Kullanılan tuz numunelerinin nem içeriği Tablo 4.1'de, gıda tozlarının nem içeriği ise Tablo 4.2' de verilmiştir. Toz numunelerinin nem içeriği % 6,67 ve % 9,22 arasında değişmiştir ve tuz numunelerinin nem miktarı oldukça düşük bulunmuştur. Nemin partikül adezyonu üzerindeki etkisi, adsorbe edilen tabakanın kalınlığı, yüzey özellikleri, yüzey kimyası, temas geometrisi, çözünme derecesi, yüzey içi absorpsiyon vb. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Clever ve Tyrrell, 2004).

Tablo 4.1. Tuz numunelerinin nem içeriği

Tuz (µm)	Nem (%)
63-100	0,33 ± 0,01
100-200	0,32 ± 0,03
200-425	0,23 ± 0,01
425-500	0,41 ± 0,02

Elde edilen hidrofobiklik sonuçlarına göre nişasta en fazla hidrofilik, ardından ksantan gamı, kakao tozu ve kırmızı biber tozu gelmiştir (Tablo 4.2). Güçlü hidrofilik yapısı nedeniyle tuz test edilmemiştir (Armstrong ve Barringer, 2013).

Tablo 4.2. Gıda toz numunelerinin nem içeriği, ortalama partikül çap değerleri ve hidrofobik özellikleri

Gıda Tozları	Nem (%)	D(4,3) ^a	Hidrofobisite ^b	
			Petrol Eter	Ethanol
Nişasta	8,62 ± 0,05	120	0,02	99,98
Kakao Tozu	6,71 ± 0,09	136	4,57	95,43
Ksantan Gam	9,22 ± 0,08	91	0,27	99,73
Kırmızı Biber Tozu	6,67 ± 0,09	190	7,83	92,17

^a Ortalama partikül çapı (µm).

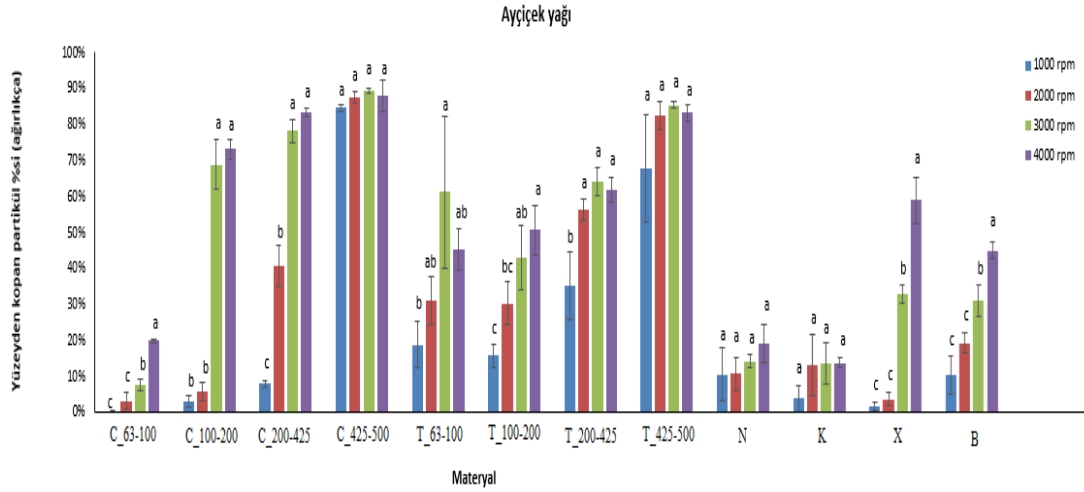
^b Toz bileşenlerinin iki farklı karışmaz faz içindeki oranı (%)

4.2. Yüzeye yapışma özellikleri

Yapışma testlerinde ilk aşamada karşılaştırma amaçlı ayçiçek yağı ve saf su kullanılmış ve toz partiküllerin ahşap pullar üzerine yapışması karakterize edilmiştir. Dönme hızı arttıkça yüzeyden kopan toz miktarı 9 no'lu denkleme göre yüzde olarak hesaplanmıştır. Dönme hızının artırılması ile gıda ürünlerinin fabrikadan çıkıp ulaşacağı yere kadar, taşıma esnasında oluşabilecek en fazla savrulma hareketiyle ne kadar toz kaybı oluşabileceğinin miktar olarak ölçülmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.2'de verilmiştir.

Cam partiküllerinin en küçük fraksiyonlarında (63µm-100µm) %0 ile 20 oranında kopma ile en iyi yapışma gözlemlenmiş olup dönme hızı arttıkça kopmalar artmıştır. Partikül büyüklüğü ve dönme hızı arttıkça kopmalar %90'a ulaşmıştır. Tuz partiküllerinde de en küçük fraksiyonda olanlar %20 ile %60 oranında kopma ile en iyi yapışma göstermiş, dönme hızı ve partikül büyüklüğü arttıkça %60'a ulaşan yüzeyden kopmalar oluşmuştur. Gıda aroma tozlarına bakıldığında ise nişasta ve kakao tozu ortalama %10 oranında kopma ile 63-100µm boyutundaki cam partiküllerinden sonra en iyi yapışma gözlemlenmiştir. Ksantan gam da 1000-2000 rpm de % 10'a ulaşmayan çok az kopma gözlemlenirken 3000 rpm'de %30, 4000 rpm'de %60'a varan yüzeyden partikül kopması gerçekleşmiştir. Kırmızı biber tozun da ise %10'dan başlayarak %40'a doğru partikül büyüklüğü ve dönme hızı artışıyla kopan partikül miktarı da artmıştır.

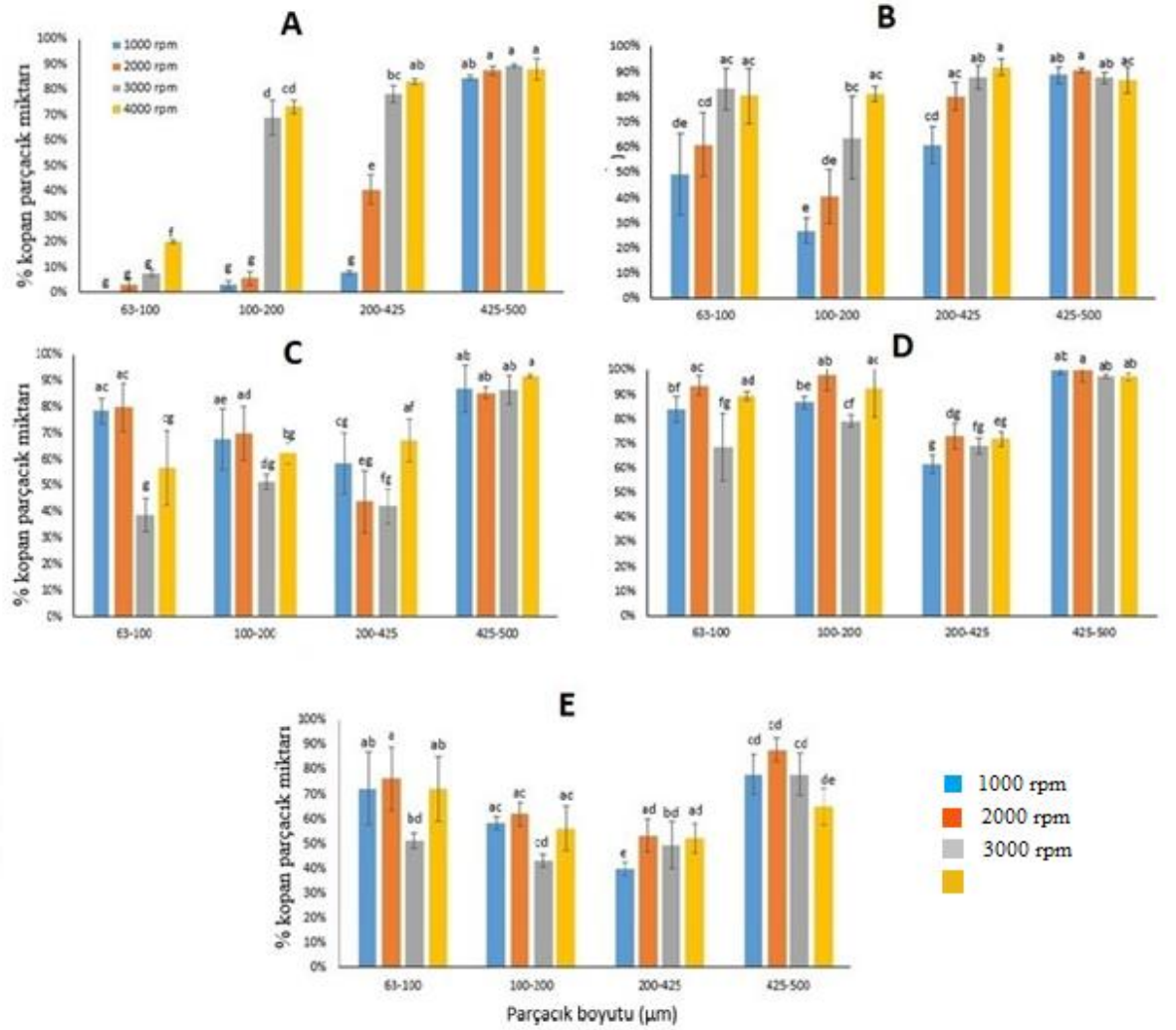
Yüzdece hesaplanan bu değerler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile farklılıkların önem derecesi belirlenmiştir ($p<0,05$). Yüzeyden kopan partikül sayısı genel olarak, bütün tozları ele aldığımızda istatistiksel olarak farklılık göstermektedir. Grafikte sütunlar üzerinde bulunan harfler, her toz örneğinin ayrı ayrı dönme hızlarından elde edilen verilerin ortalamalarının arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli olup olmadığını ifade etmektedir ($P<0,05$). Dönme hızları materyalin kendi içinde değerlendirildiğinde nişasta (a,a,a,a) ya da 63-100 µm boyutundaki tuz partiküllerinde (b,ab,a,ab) anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. 100-200 µm boyutundaki tuz partiküllerinde (c,bc,ab,a) ise dönme hızı artışına göre kısmi bir farklılık belirlenmiştir. Kırmızı biber tozu (c,c,b,a) ya da 200-425 µm boyutundaki cam partiküllerinde (c,b,a,a) istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir.



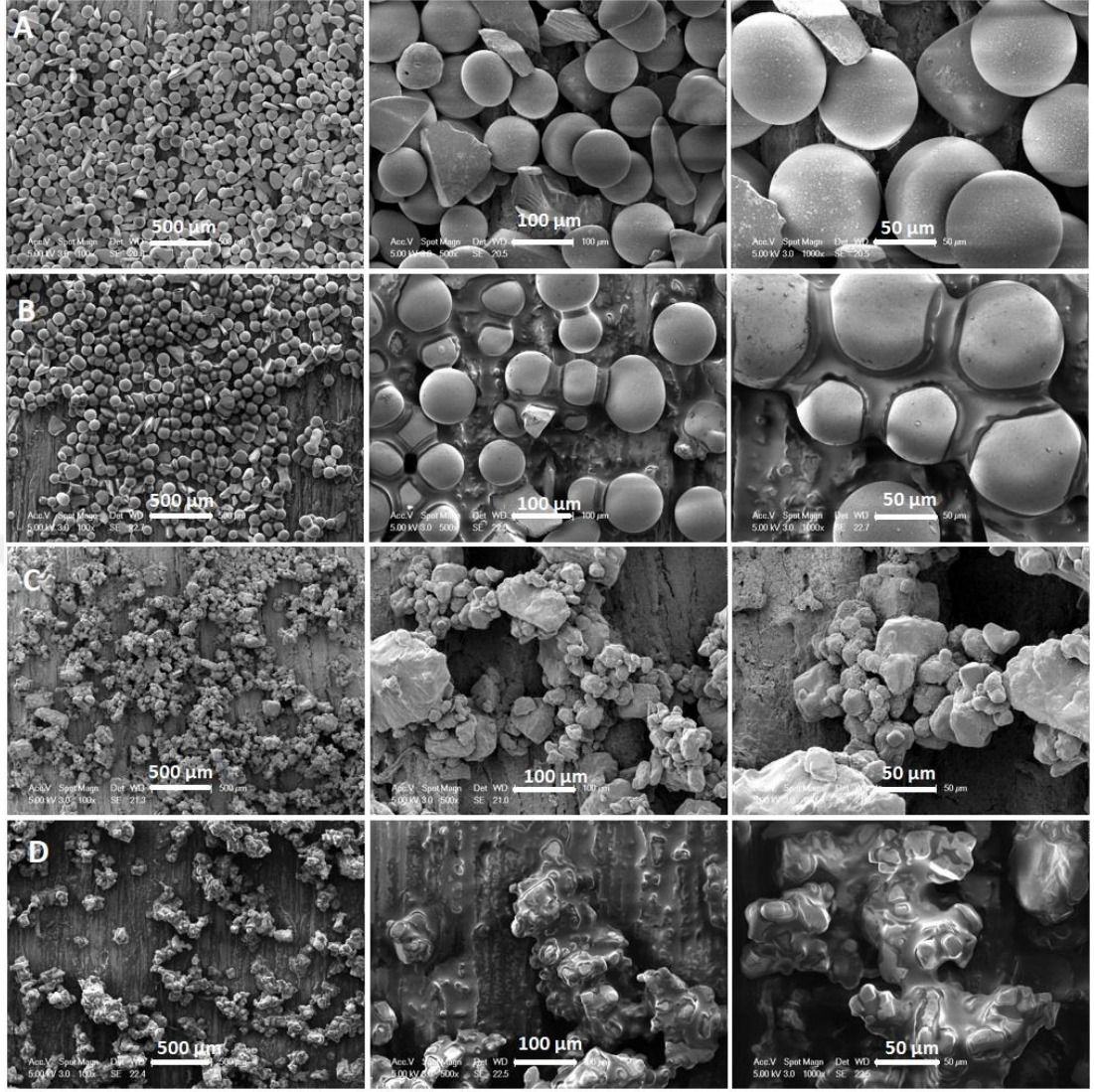
Şekil 4.2. Ayçiçek yağının farklı partikül boyutlarındaki tozların farklı dönme hızlarında ahşap pul yüzeyine yapışmasına etkisi (C: cam, T: tuz, N:nişasta, K:kakao tozu, X:ksantan gam, B:kırmızı biber tozu) (n=3) (aynı grup içerisinde farklı harfler istatistiki olarak önemli bulunmuştur, $p < 0,05$)

Cam tozu partiküllerinin, ayçiçek yağı ile kaplanan ahşap pul yüzeyine yapışması, partikül büyüklüğünün azalmasıyla önemli ölçüde artmıştır (Şekil 4.3A). Bu davranış, toz partikül adezyonunun, toz partikül ağırlığına oranının, partikül büyüklüğünün karesi ile ters orantılı olmasına bağlı olabilir, çünkü küçük partiküllerin, birbirlerine ve yüzeylere, büyük partiküllerden çok daha güçlü bir şekilde yapışmasına neden olan temeldir (Schubert, 1987). Bu nedenle, partikül büyüklüğünün azaltılması, birim hacim başına yüzey alanında artışa neden olur ve bu da küçük partiküller üzerinde etkili olan daha güçlü yapışma kuvvetlerine katkıda bulunur (Adhikari ve ark., 2001; Ermis ve ark., 2011; Miller ve Barringer, 2002). Şekil 4.3' den görülebileceği gibi, merkezkaç hızının artması, kaplama yüzeyinden (özellikle yağ ve su ile kaplanmış kaplama substratları için) daha fazla partiküllerin ayrılmasına neden olmuştur(4.3A, 4.3B). Bununla birlikte, santrifüj hızındaki artış, EPS kaplı kaplama yüzeylerinde benzer bir eğilim göstermemiştir. Dönme hızı arttıkça düzenli bir trend oluşturmamıştır (Şekil 4.3C, 4.3D ve 4.3E). Bu, EPS yapısındaki dallanma, şeker ünitelerinin ikame edilmesi, moleküler ağırlığın türü ve doğasının farklı olması hidrokolloit işlevselliğindeki farklılıklara önemli katkıda bulunan faktörlerdir. Bazı araştırmacılar, kullanılan hidrokolloit çeşidinin ve konsantrasyonunun yapışkan özelliklerine etki eden faktörler olduğunu bildirmiştir (Ben-Zion ve Nussinovitch,

1997). Kaplama substratlarında EPS kaplandığında, ince tozlar (63-100 ve 100-200 μm) diğer fraksiyonlara (200-425 ve 425-500 μm) kıyasla benzer veya daha zayıf bir yapışma göstermiştir. Bu davranış, ince partiküllerin aglomerasyonundan ve dolayısıyla EPS yapısının yardımıyla büyük partiküller oluşturmasından kaynaklanabilir (Şekil 4.4A). Cam partiküllerin yapıştırma davranışlarındaki farkın nedeni (Şekil 4.3), yağ kullanıldığında, cam partikülleri kaplayan yağın afinite derecesine bağlı olabilir (Şekil 4.4B). Toz malzemenin sıvı tabakaya olan afinitesi, nispi hidrofilitik/hidrofobiklikten yüksek oranda etkilenir. Moleküllerin polarite özelliklerinin benzer olmasının, katı parçacıklar ve sıvı tabaka arasında artan etkileşime yol açabileceği belirtilmiştir (Dopfer ve ark, 2013).



Şekil 4.3. Kaplama yüzeylerinden ayrılan cam parçacıklarının yüzdesi. A: ayçiçeği yağı, B: damıtılmış su, C: % 20 EPS (ıslak), D: 20% EPS (kurutulmuş), E: 40% EPS (kurutulmuş). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.4. Kaplama substratında cam partiküllerinin ve tuz partiküllerinin SEM görüntüleri. A: EPS'li cam partikülleri, B: yağ içeren cam partikülleri, C: EPS'li tuz partikülleri, D: yağ içeren tuz partikülleri.

Substrat yüzeylerinden ayrılan tuz parçacıklarının miktarının artan santrifüj hızı ile arttığı bulunmuştur (Şekil 4.5). Bu çalışmada, substrat yüzeyini kaplamak için ayçiçek yağı kullanıldığında daha küçük tuz partikülleri daha iyi bir yapışma göstermiştir (Şekil 4.5A). Bununla birlikte, EPS çözeltileri kullanıldığında, tuz parçacıklarının büyüklüğü, yapışmayı önemli ölçüde etkilememiştir. Bu davranış, daha büyük olanları oluşturmak için ince parçacıkların aglomerasyonu ile bağlantılı olabilir (Şekil 4.4C ve

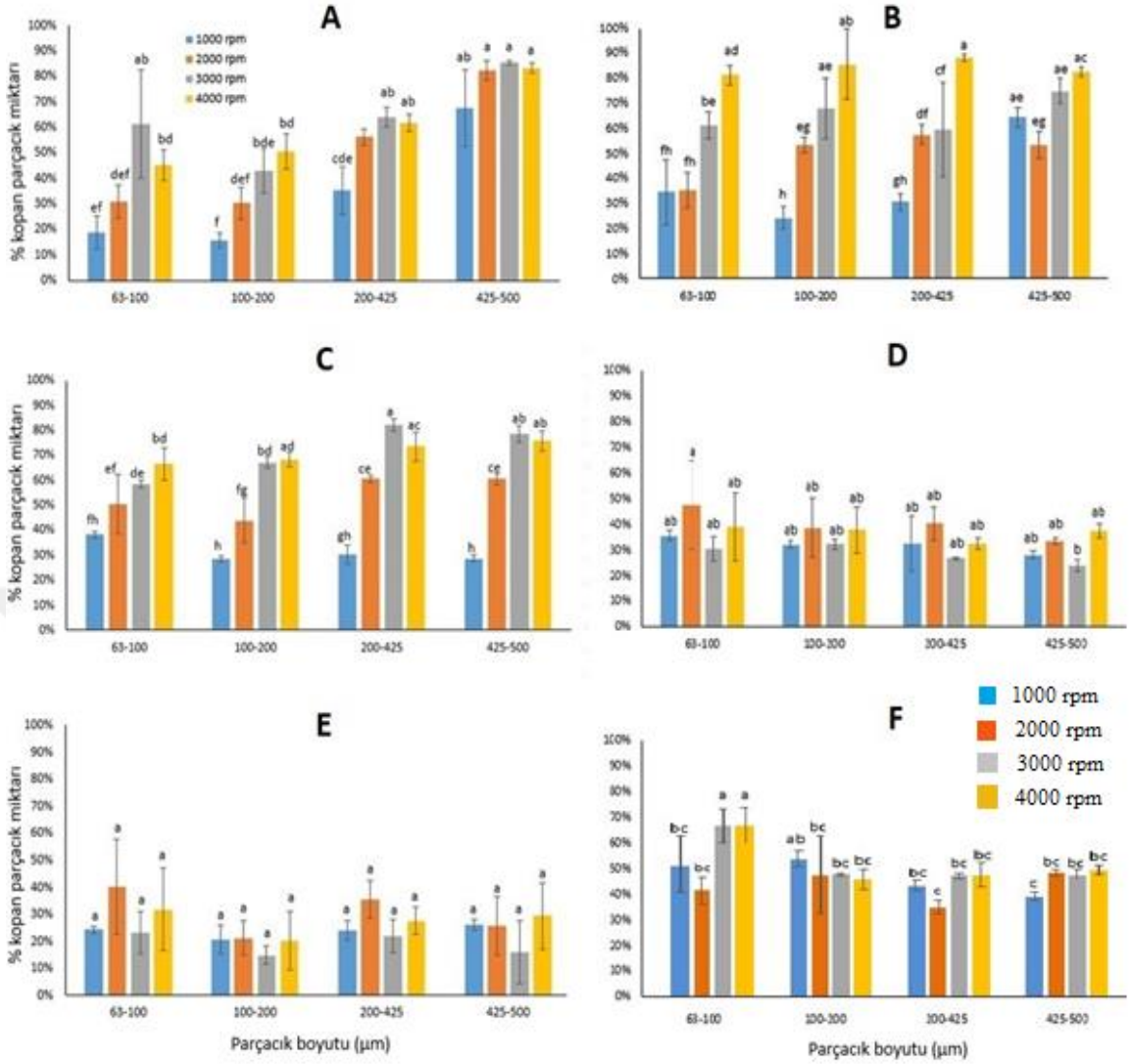
4.4D). Özellikle % 20 EPS ve % 40 EPS kaplı ve kurutulmuş substrat yüzeylerde, tüm fraksiyonların adezyonu arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

% 20 EPS çözeltisi, ayçiçeği yağı ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.5A) benzer yapışkanlık davranışlarını (Şekil 4.5A) göstermiştir. Ancak %20 EPS çözeltisi ile substrat yüzeylerini kuruturken bazı varyasyonlar tuz parçacıklarının yapışmasını önemli ölçüde artırmıştır (Şekil 4.5C, 4.5D). EPS konsantrasyonunun % 20'den % 40'a artırılması, yapışmada yaklaşık %10'luk bir artışa neden olmuştur (Şekil 4.5D ve 4.5E). EPS konsantrasyonunun % 20'den % 40'a artırılması, ıslak formda iken daha iyi bir yapışma sağlarken, kurutulmuş formda yapışma azalmaktadır.

Tuzun gıda ürünlerine yapışması üzerine yapılan çalışmalarda bazı araştırmacılar tarafından da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Barringer ve Buck, 2007; Enggalhardjo ve Narsimhan, 2005). Sumonsiri ve Barringer (2011), havuç, ekmek, marul ve kraker gibi gıda ürünlerine tuz yapışmasının 332-119 μm 'den azalan tuz büyüklüğü ile önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Literatürdeki bilgiler ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Gıda tozlarının (nişasta, kakao tozu, ksantan gamı ve kırmızı biber tozu) yapışma özellikleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Ayçiçeği yağı, EPS çözeltilerinden daha iyi bir yapışma göstermiştir. Santrifüj hızının artması, ksantan gamı ve biber tozu için daha fazla partikülün ayrılmasına neden olurken, nişasta ve kakao tozları için önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($p > 0,05$) (Şekil 4.7A). EPS çözeltisi kullanıldığında ayçiçek yağına kıyasla (Şekil 4.7C, 4.7D ve 4.7E) yüzeyden çok daha fazla toz ayrıldığı görülmüştür.

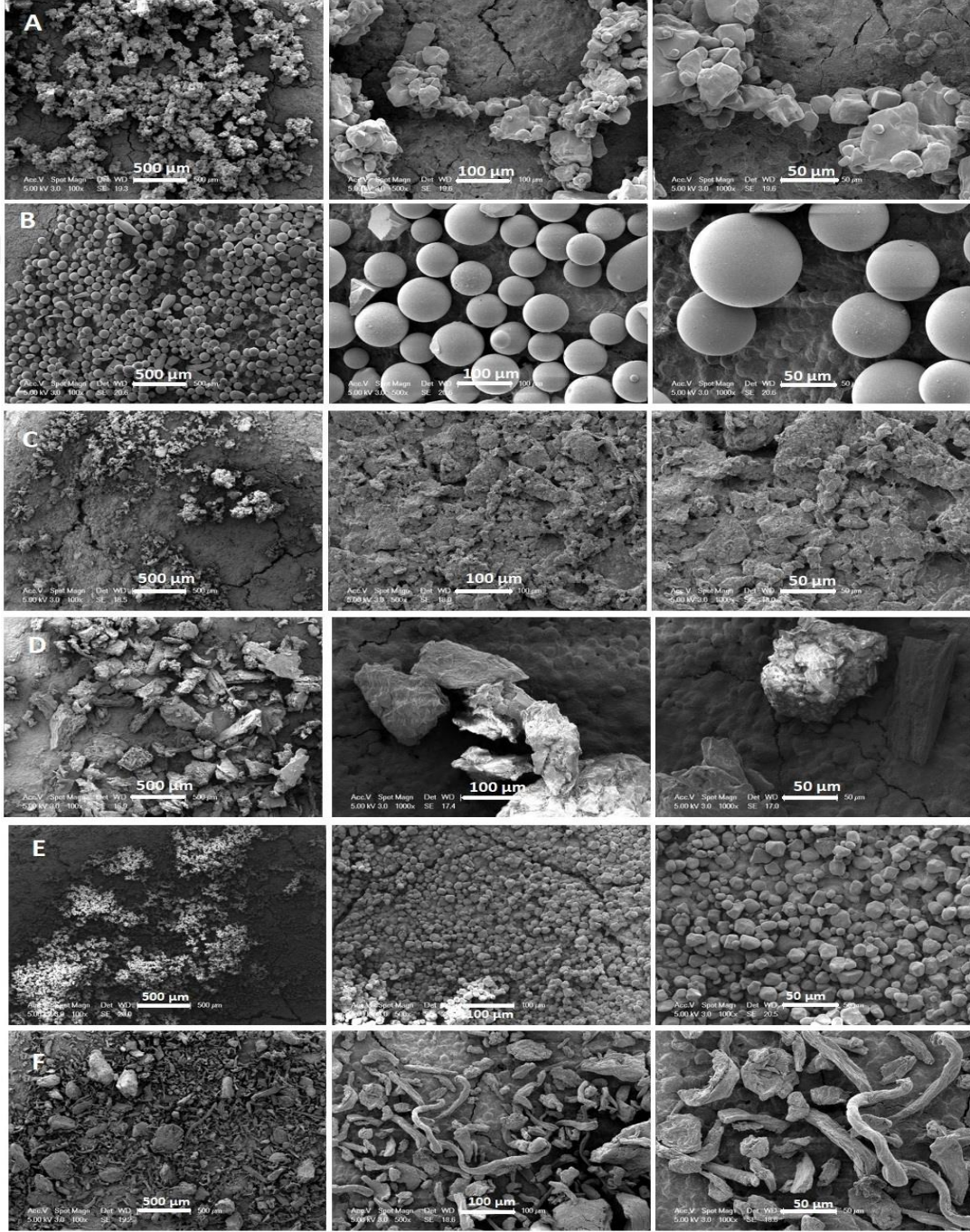
Tozların (Şekil 4.6) EPS yapısının yüzeydeki toz partiküllerine olan afinitesi ile aglomerasyonuna bağlı olması nedeni ile yapışma direncinde azalmalar oluşmaktadır. Kaybolan toz malzemenin önemli bir kısmı, yüzeydeki yapışkan malzemeye tutunan, temas yüzeyinde olandan değil, dış tabakada kalan toz malzemedir. Adhezyon kuvveti, yapıştırılmış yüzey ile gıda tozu arasında tek bir tabaka oluşturur. Kalan kütle, parçacıklar arasında etkili olan kohezif kuvvete bağlı olabilir (Adhikari ve ark., 2001). Michalski, Desobry ve Hardy (1997), yapıştırıcı kuvvetlerin uzaklaştıkça azaldığını ve diğer partikül tabakalarında kohezif kuvvetlerin baskın hale geldiğini bildirmişlerdir.



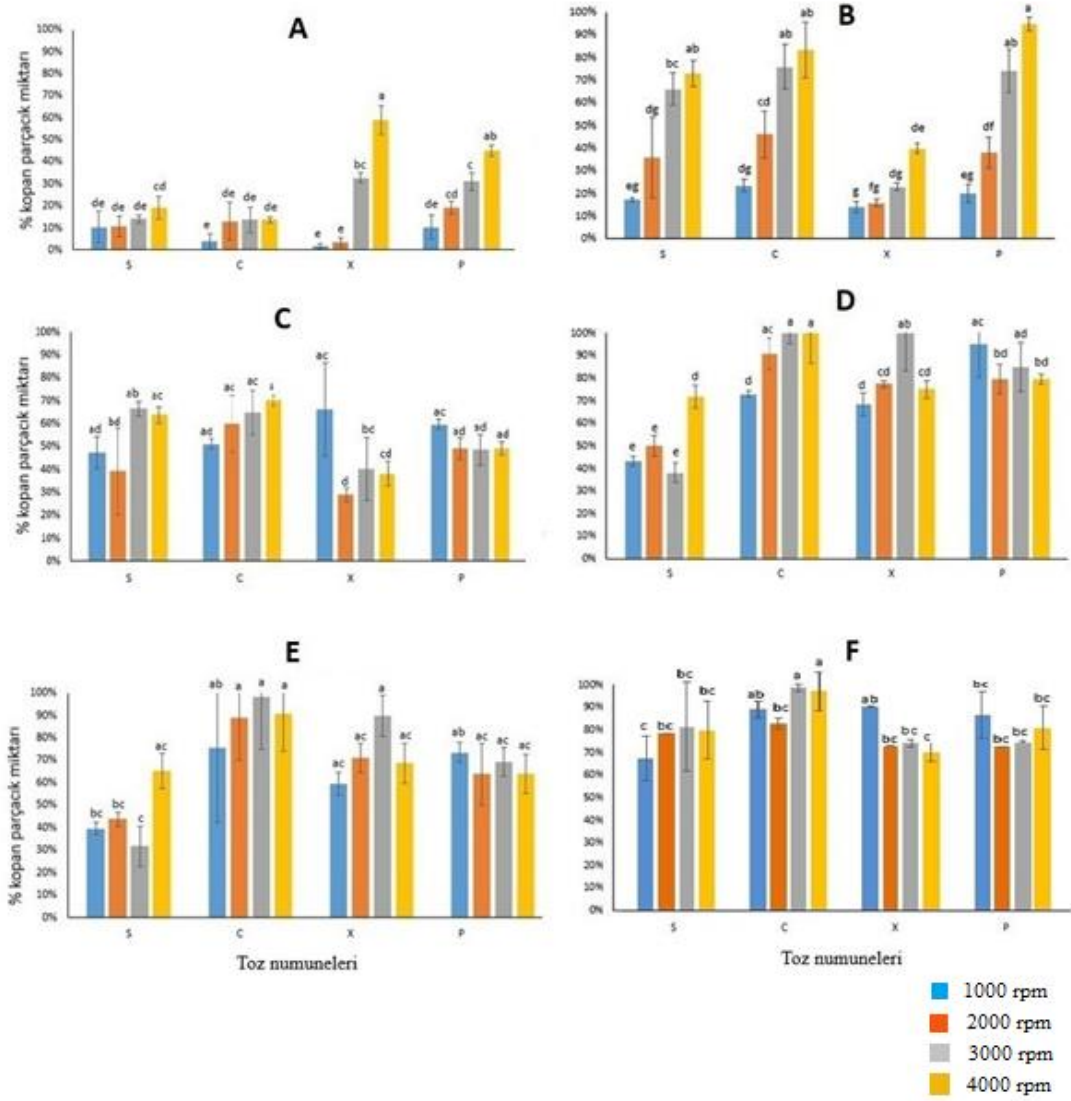
Şekil 4.5. Yüzeyleylerden ayrılan tuz parçacıklarının yüzdesi. A:ayçiçeği yağı, B:damıtılmış su, C:20% EPS (ıslak), D:20% EPS (kurutulmuş), E:40% EPS (ıslak), F:40% EPS (kurutulmuş). (A'dan E'ye: ahşap pul; F: mısır cipsi). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0.05$).

Elde edilen hidrofobiklik sonuçlarına dayanarak nişasta en fazla hidrofilik, ardından ksantan gamı, kakao tozu ve kırmızı biber tozu gelmiştir (Tablo 4.2). Kakao tozu ve kırmızı biber tozu, nişasta ve ksantan gamı (Şekil 4.7A) ile kıyaslandığında yağ kullanıldığında biraz daha iyi bir yapışma gösterirken, distile su kullanıldığında nişasta ve ksantan gamı, kakao tozu ve kırmızı biber tozundan daha iyi yapışmıştır (Şekil 4.7B). EPS'nin eklenmesi ve yüzeyin kurutulması yapışmayı geliştirmemiş olup yapışma sebebi toz halindeki malzemenin suda çözünübilirliğinden dolayı partiküller

arasında oluşan katı köprülerden kaynaklanabilir (Adhikari ve ark., 2001) Aglomere partiküllere ve uygulanan merkezkaç kuvveti yardımı ile yüzeyden daha fazla partikül ayrılmasına sebep olmuştur. Ancak, güçlü hidrofobik yapısı nedeniyle katı köprü oluşumu yağ tarafından engellenmiştir. Bu sonuçlar, kullanılan EPS çözeltilerinin, yağ ve suya kıyasla incelenen toz numunelerinin yapışmasını iyileştirmedeğini göstermektedir.



Şekil 4.6. Mısır cipsi substratında seçilmiş gıda tozlarının SEM görüntüleri. A: tuz, B: cam, C: Kakao tozu, D: biber tozu, E: nişasta tozu, F: ksantan gamı tozu.

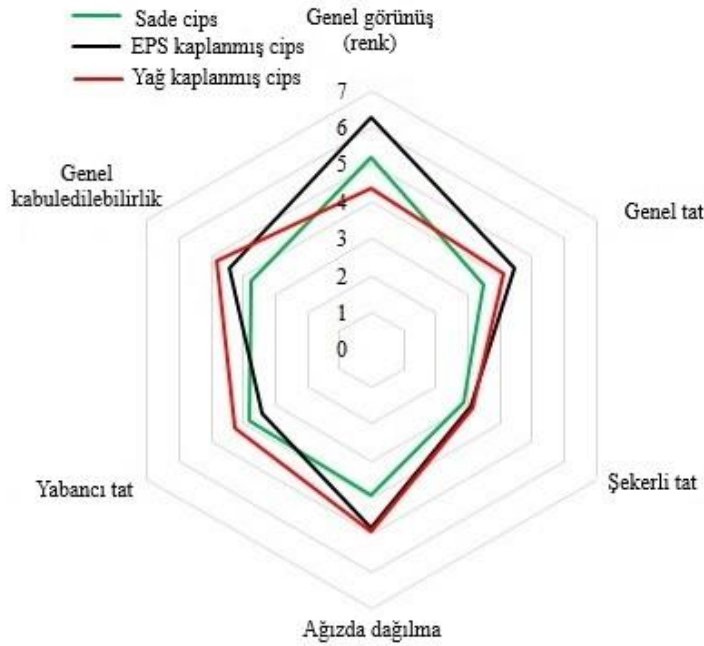


Şekil 4.7. Yüzeylelerinden ayrılmış gıda toz parçacıklarının yüzdesi. S: nişasta tozu, C: kakao tozu, X: ksantan gamı tozu, P: kırmızı biber tozu. A: ayçiçeği yağı, B: damıtılmış su, C: 20% EPS (ıslak), D: 20% EPS (kurutulmuş), E: 40% EPS (kurutulmuş), F: 40% EPS (kurutulmuş). (A'dan E'ye: kaplama substratı; F: mısır cipsi). Aynı grup örnekler arasında, farklı harfler önemli farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$).

4.3. Duyusal özellikler

Şekil 4.8, kapalı plastik kaplarda oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra referans olarak seçilmiş sade mısır cipslerine kıyasla ayçiçek yağı ve %40 konsantrasyonlu EPS çözeltisi uygulanmış mısır cipslerinin duysal özelliklerini göstermektedir. Şekilde de gösterildiği gibi, cips yüzeylerini EPS çözeltisi ile kaplamak, 'genel tat' ve 'genel görünüş (renk)' özelliklerini artırırken, EPS'li ve yağlı cips numunelerinin 'şekerli tat' ve 'ağızda dağılma' özellikleri için hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiştir.

Panelistler, EPS ile kaplanan numuneler için ‘yabancı tat’ özelliğini, sade ve yağlı olanlarla karşılaştırıldığında 4’ün altında en düşük puanları almıştır. Cips ürünlerinde EPS’nin tadı, damak tadına farklı gelmeyip anlaşılmadığı görülmüştür. Bu sebepten cips ürünlerinde EPS’nin kullanılabilmesi tüketici tarafından olumsuz bir eleştiri almayacağı sonucuna verilmiştir. EPS kaplı mısır cipslerinin genel kabulü (genel kabul edilebilirlik), yağlı cips örneklerinden daha düşük, sade olanlardan daha yüksek olup 5’in altında değerlendirilmiştir. Cips yüzeyinin EPS ile kaplanmasının kabul edilebilirlik tercihini olumsuz yönde etkilemediği görülmektedir (Şekil 4.8). EPS’nin %40 konsantrasyonu, en yoğun olduğu çözeltide baskın tadın hissedilip hissedilmeyeceğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Tat, EPS’nin %20 konsantrasyonunda daha az hissedileceği için EPS’nin %20 konsantrasyonu ile tekrar analiz yapılmasına gerek görülmemiştir. Duyusal analiz sonuçları, EPS’nin genel tadını beğenme, ağızda dağılma, şekerli tat ve renginin beğenildiği ve tat olarak yabancı tat hissedilmediği sebebiyle cips ürünlerine yapıştırıcı ajan olarak kullanılabilmesi ve tüketici tarafından tercih edileceği sonucuna verilmiştir.



Şekil 4.8. Duyusal analiz sonuçları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus brevis* E25'ten elde edilen ekzopolisakkaritlerin, farklı gıda tozlarının katı yüzeylere yapışmasına etkisini araştırmak amacıyla ahşap pul ve mısır cipsi yüzeylerine ayçiçek yağı, su ve değişen konsantrasyonlarda EPS çözeltisi (0, 20 ve 40 %) uygulandıktan sonra cam tozu ve kaya tuzu(63-100, 100-200, 200-425, 425-500 gibi 4 farklı partikül boyutunda), nişasta, kakao tozu, kırmızı biber tozu ve ksantan gam ile kaplanarak santrifüj yöntemi ile yapışma (adhezyon) testleri gerçekleştirilmiştir. Örneğin dönme eksenine paralel olması için özel bir santrifüj tüpü dizayn edilmiş ve 3 boyutlu yazıcı ile üretilerek yapışma testlerinde kullanılmıştır. Santrifüj dönme hızının (1000, 2000, 3000 ve 4000 rpm) artırılması ile yüzeylerden kopan partikül miktarı tespit edilmiştir.

Yapıştırıcı, doğal kıvam verici, tekstür geliştirici ve viskoziteyi arttırıcı gibi özellikleri ile EPS, kozmetik ve biyomedikal gibi gıda dışı alanlarda da kullanılabilir. Tüketici tercihleri, son zamanlarda kalorisi yüksek gıda bileşenlerinden ve sentetik katkı maddelerinden kalorisi düşük ve doğal katkı maddelerine doğru eğilim göstermektedir. Bu nedenle, doğal ve insan sağlığına olumlu etkileri belirlenen EPS'nin atıştırmalık cips yüzeylerinde yağ ve şeker şurubu yerine kullanılması ile düşük kalorili ve sağlık açısından daha faydalı ürünlerin üretilmesi mümkün olabilecektir.

Literatürde EPS'lerin yapıştırıcılık özelliğinin iyi olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada yağ ve saf su ile yapışkanlık özelliklerini karşılaştırarak değerlendirmek için düz yüzeyler üzerine değişen konsantrasyonlarda (% 0,% 20 ve % 40) EPS çözeltileri uygulanmıştır. Gıda tozlarının karakterizasyonu belirlenmiş ve adhezyon testleri, yüzeylerin SEM analizi, duyuusal analiz ve istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak, *Lactobacillus brevis* E25 kullanılarak elde edilen EPS'nin;

1. Cips yüzeyinde tuz yapışması üzerine olumlu bir etki gösterdiği,
2. Tuz hariç diğer tüm tozlar (cam, nişasta, kakao tozu, ksantan gam ve kırmızı biber tozu) için optimum EPS konsantrasyonu %20 olduğu ve tuz için optimum EPS konsantrasyonunun %40 olduğu,

3. Toz gıda örnekleri ile yüzeylerin kaplanmasından sonra yüzeyin kurutulmasının adhezyon özelliğini olumsuz etkilediği,
4. Seçilen model tozun (cam) ve gıda aroma tozlarının (nişasta, kakao tuzu, ksantan gam ve kırmızı biber tozu) yapışmasını olumsuz yönde etkilerken tuzun daha iyi yapışmasını sağladığı anlaşılmıştır.

Öneriler:

1. Yüzeylerden kopan toz kütlelerinin önemli kısmının, yüzey ile temas eden partiküller değil, yüzeydeki diğer partiküller ile temas eden ikinci katmandaki ve daha üstteki katmanlarda yer alan partiküller olduğu düşünülmektedir. Bu davranışı ortadan kaldırmak için, yapışma testleri öncesinde partiküller yüzeye uygun bir teknikle tek katman şeklinde kaplanabilir.
2. Bu çalışmada partiküllerin toz kütleleri şeklinde yapışma davranışları incelenmiş olup, EPSlerin tek partikülün yapışmasına etkisi Atomik Kuvvet Mikroskobu kullanılarak daha detaylı bir şekilde ortaya konulabilir.
3. Farklı EPS yapılarının toz yapışma davranışına etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için başka bakteri suşlarından elde edilen EPSler ile yapışma testleri gerçekleştirilebilir.
4. Kurutma işlemi sonrasında toz örnek yüzeylerinden kopan toz miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bu davranışın daha iyi anlaşılabilmesi için EPS'nin uçucu çözügenlerde (alkol, aseton vb) çözüldürülerek uygulandığı denemeler yapılabilir.
5. Cips dışında çubuk kraker gibi atıştırmalık ürünlerde de tuz ve/veya aroma tozlarını yapışmasına etkilerinin belirlenmesi için EPS çözeltileri ayrıca denenebilir.

Yapılan bu çalışma ile *Lactobacillus brevis* E25 sulundan elde edilen EPS'nin cips vb. atıştırmalık ürünlerde aroma tozu kaplanmasında kullanımını araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yüksek kalorili yapışma özelliği gösteren gıda bileşenleri (yağ, şeker gibi) yerine sağlık üzerinde olumlu etkileri rapor edilen EPS'lerin kullanılabilceğini ortaya koymuştur.

KAYNAKÇA

- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B. and Truong, V. (2001). Stickiness İn Foods: A Review Of Mechanisms And Test Methods. *International Journal of Food Properties*, 4: 1–33.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M. and Vieira, J. (2009). Microstructure And Mechanical Properties Related To Particle Size Distribution And Composition İn Dark Chocolate. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 111–119.
- Altuğ, T. ve Elmaci, Y. (2005). Gidalarda Duyusal Değerlendirme. Meta Basım. İzmir.
- Arvanitoyannis İ. S. and Van Houwelingen-Koukaliaroglou M. (2005). Functional Foods: A Survey of Health Claims, Pros and Cons, and Current Legislation. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 45: 385-404.
- Arena, A., Maugeri, T.L., Pavone, B., İannello, D., Gugliandolo, C. and Bisignano, G. (2006). Antiviral And İmmunoregulatory Effect Of A Novel Exopolysaccharide From A Marine Thermotolerant Bacillus Licheniformis. *International Immunopharmacology*, 6(1): 8–13.
- Armstrong, M.E. and Barringer, S.A. (2013). İmproving Adhesion Of Seasonings To Crackers With Hydrocolloid Solutions. *Journal of Food Science*, 78(11): E1704-12.
- Ayaz, A. (2008). Tuz Tüketimi ve Sağlık. Hacettepe Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Fakültesi. Beslenme ve Diyetetik Bölümü. 1. Baskı. Ankara. Klasmat Matbaacılık.
- Badel, S., Bernardi, T. and Michaud, P. (2011). New Perspectives For Lactobacilli Exopolysaccharides. *Biotechnology Advances*, 29(1): 54–66.
- Ben-Zion, O. and Nussinovitch, A. (1997). Physical Properties Of Hydrocolloid Wet Glues. *Food Hydrocolloids*, 11(4): 429-442.
- Besler, H.T., Rakicioğlu, N., Ayaz, A., Demirel, Z., Özel, H. ve Samur, G. (2015). Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. 1. Baskı. Ankara. Merdiven Reklam Tanitim. p.55-7.

- Boels, İ.C., Van Kranenburg, R., Kanning, M.W., Chong, B.F., de Vos, W.M. and Kleerebezem, M. (2003). Increased Exopolysaccharide Production in *Lactococcus Lactis* Due To Increased Levels of Expression of The NİZO B40 Eps Gene Cluster. *Applied and Environmental Microbiology*, 69: 1129-1135.
- Broadbent, J. R., McMahon, D. J., Welker, D. L., Oberg, C. J. and Moineau, S. (2003). Biochemistry, Genetics, And Applications of Exopolysaccharide Production in *Streptococcus Thermophilus*: A Review. *Journal of Dairy Science*, 86(2): 407-423.
- Buck, V.E. and Barringer, S.A. (2007). Factors Dominating Adhesion Of Nacl Onto Potato Chips. *Journal of Food Science*, 72(8): E435-41.
- Bulut, Ç. (2003). İsolation And Characterization Of Lactic Acid Bacteria From Cheese. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 112s.
- Cankurtaran, M. (2008). Kızartılmış Buğday Cipsi Üretimi ve Elde Edilen Buğday Cipslerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 57s.
- Chakradhar, R.P.S., Dinesh Kumar, V., Rao, J.L. and Basu, B.J. (2011). Fabrication Of Superhydrophobic Surfaces Based On Zno-PDMS Nanocomposite Coatings And Study Of İts Wetting Behaviour. *Applied Surface Science*, 257: 8569– 8575.
- Cerning, J. (1995). Production of Exopolysaccharides by Lactic Acid Bacteria And Dairy Propionibacteria. *Le Lait*, 75(4-5): 463-472.
- Cleaver, J.A.S. and Tyrell, J.W.G. (2004). The İnfluence Of Relative Humidity On Particle Adhesion – A Review Of Previous Work And The Anomalous Behavior Of Soda-Lime Glass. *KONA: Powder and Particle Journal*, 22: 9-22.
- Çakmakçı, S., Tahmas-Kahyaoğlu, D. (2012) Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkilerine Genel Bir Bakış, *Akademik Gıda*, 10(1): 103-113.

- Çeviren, S. G., Koçak, S., Doğrusöz, S. ve Başar, E. (2008). Çeşitli Bebek Mamaları Ve Cips Örneklerindeki Ağır Metal Düzeylerinin Civa Film Elektrotta Voltammetrik Analizi. *Vİ. Ulusal Analitik Kimya Kongresi*, Hatay, 309.
- Davulcu, M. (2013). Antalya Yöresinde Geleneksel Bir Çerez ve Geleneksel Bir Meslek Olarak Tirmis ve Tirmişçilik. *Electronic Turkish Studies*, 8(12).
- Demirci, M. (2006). Gıda Kimyası. Kelebek Matbaacılık, San, Tic. Ltd. *Topkapi-İstanbul*, 233-241.
- De Stefano, D., Tommonaro, G., Simeon, V., Poli, A., Nicolaus, B. and Carnuccio, R. (2007). A polysaccharide from tomato (*Lycopersicon esculentum*) peels affects NF-κB activation in LPS-stimulated J774 macrophages. *Journal of Natural Products*. 70(10): 1636–1639.
- De Vuyst, L. and Degeest, B. (1999). Heteropolysaccharides From Lactic Acid Bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 23(2): 153–177.
- Dopfer, D., Palzer, S., Heinrich, S., Fries, L., Antonyuk, S., Haider, C. and Salman, A.D. (2013). Adhesion Mechanisms Between Water Soluble Particles. *Powder Technology*, 238: 35–49.
- Dupont, İ., Lapointe, G. and Roy, D. (2000). Comparison of Exopolysaccharide Production by Strain of *Lactobacillus Rhamnosus* And *Lactobacillus Paracasei* Grown in Chemically Defined Medium And Milk. *Journal of Industrial Microbiology Biotechnology*, 24: 251-255.
- Dupont, L.M., Jahns, S., Marret, F. and Ning, S. (2000). Vegetation Change in Equatorial West Africa: Time-Slices For The Last 150 Ka. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 155(1-2): 95–122.
- Enggalhardjo, M. and Narsimhan, G. (2005). Adhesion of Dry Seasoning Particles onto Tortilla Chip. *Journal of Food Science*, 70: E215–E222.
- Ercan, R. (1987). Emülsifierler, Özellikleri ve Un Komponentleri İle İlişkileri. *Gıda*, 12(4): 235-241.
- Ermis, E., Farnish, R.J., Berry, R.J. and Bradley, M.S.A. (2011). Centrifugal Tester Versus A Novel Design To Measure Particle Adhesion Strength And Investigation Of Effect Of Physical Characteristics (Size, Shape, Density)

Of Food Particles On Food Surfaces. *Journal of Food Engineering*, 104: 518–524.

- Ermis, E., Farnish, R.J., Berry, R.J. and Bradley, M.S.A. (2009). Direct Measurement Of Powder Flavor Adhesion Onto Crisp Surface Using A Novel Adhesion Tester. *Particular Science and Technology*, 27 (4): 362-372.
- Erol, M. (2006). Glass, Glass- Ceramic And Sintered Materials Produced From Industrial Wasters. (*Doktora Tezi*). İ.T.Ü., İstanbul.
- Erten, H., Ağırman, B. Gündüz, C.P.B., Çarşamba, E., Sert, S., Bircan, S. ve Tangüler, H. (2014). İmportance of Yeasts and Lactic Acid Bacteria in Food Processing. İn A. Malik et al. (Eds.), *Food Processing: Strategies for Quality Assessment*, New York. 351-360.
- Ertop, M. H., Kutluk, K., Çoşkun, K. ve Canli, S. (2016). Gıda Endüstrisi Yan Ürünleri Kullanimiyla Cips Üretimine Yeni Bir Yaklaşım: Zenginleştirilmiş Gluten Cipsi. *Academic Food Journal Akademik Gıda*, 14: (4).
- Etöz, D. (2006). Kefirden İzole Edilen Maya Ve Bakterilerin Bazı Patojen Mikroorganizmalar Üzerine İnhibitör Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 91 s.
- Evren, M., Apan, M., Tutkun, E. ve Evren, S. (2011). Geleneksel Fermente Gidalarda Bulunan Laktik Asit Bakterileri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 1: 11-17.
- Fitzpatrick, J.J., İqbal, T., Delaney, C., Twomey, T. and Keogh, M.K. (2004). Effect Of Powder Properties And Storage Conditions On The Flowability Of Milk Powders With Different Fat Contents. *Journal of Food Engineering*, 64(4): 435-444.
- Flemming, H.C. and Wingender, J. (2001). Relevance of Microbial Extracellular Polymeric Substances (EPSs)—Part İ: Structural and Ecological Aspects. *Water Science and Technology*, 43(6): 1-8.
- Forny, L., Marabi, A. and Palzer, S. (2011). Wetting, Disintegration And Dissolution Of Agglomerated Water Soluble Powders. *Powder Technology*, 206: 72-78.

- Freitas, F., Alves, V.D. and Reis M.A. (2011). Advances In Bacterial Exopolysaccharides: From Production To Biotechnological Applications. *Trends in Biotechnology*, 29: 388-398.
- Fugelsang, K.C., and Edward, C.G. (2007). Lactic Acid Bacteria. *In Wine Microbiology Practical Applications and Procedures*. New York: Springer. 2: 29-44.
- Ghosal, S., İndira, T.N. and Bhattacharya, S. (2010). Agglomeration Of A Model Food Powder: Effect Of Maltodextrin And Gum Arabic Dispersions On Flow Behavior And Compacted Mass. *Journal of Food Engineering*, 96: 222-228.
- Göncü, A. (2011). Farklı Tahıl Unları İlavesi İle Elde Edilen Firinlanmış Buğday Cipsinden Kalite Niteliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Hiemenz P.C. (1986). Principles of Colloid and Surface Chemistry. 2nd Ed.; Marcel Dekker Inc., New York.
- Hu, S., Kim, T.H., Park, J.G. and Busnaina, A. A. (2010). Effect of Different Deposition Mediums on the Adhesion and Removal of Particles. *Journal of the Electrochemical Society*, 157 (6): H662–H665.
- İdler, C., Venus, J., and Kamm B. (2015). Microorganisms For The Production Of Lactic Acid And Organic Lactate. In B. Kamm (Eds.), *Microorganisms in Biorefineries, Microbiology Monographs*, Berlin: Verlag. 26: 225 273.
- Kanmani, P., Kumar, R.S., Yuvaraj, N., Paari, K. A., Pattukumar, V. and Arul, V. (2011). Production And Purification of A Novel Exopolysaccharide From Lactic Acid Bacterium *Streptococcus Phocae* Pİ80 And Its Functional Characteristics Activity *In Vitro*. *Bioresource Technology*, 102(7): 4827-4833.
- Karadoğan, T. (1994). Bazı Patates Çeşitlerinin Cıps Ve Parmak (Kızarmış) Patates Kalitesi Üzerinde Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25 (1): 30-38.

- Karaca, H., Dinçer, E. Ve Kivanç, M. (2010). Metabolik Mühendisliğinde Laktik Asit Bakterileri. *Akademik Gıda*, 8(1): 32-38.
- Khouryieh, H.A., Aramouni, F.M. and Herald, T.J. (2005). Physical And Sensory Characteristics Of No-Sugar-Added/Low-Fat Muffin. *Journal of Food Quality*, 28: 439-451.
- Kiliç, D. (2002). Misir Nişastasının Hidrolizinde a-Amilaz Enziminin Aktivitesinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 78s.
- Kim, J.U., Kim, Y., Han, K.S., Oh, S., Whang, K.Y., Kim, J.N. and Kim, S.H. (2006). Function Of Cell-Bound And Released Exopolysaccharides Produced By *Lactobacillus Rhamnosus* ATCC 9595. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6): 939–945.
- Kitazawa, H., Yamaguchi, T., Miura, M., Saito, T. and İtoh, T. (1993). B-Cell Mitogen Produced By Slime-Forming, Encapsulated *Lactococcus Lactis* Ssp. *Cremoris* İsolated From Ropy Sour Milk. *Journal of Dairy Science*, 76(6): 1514–1519.
- Konak, Ü.İ. ve Turhan, İ. (2014). Proteinlerin Kromatografik Yöntemlerle Saflaştırılması. *Akademik Gıda*, 12(2): 79-87.
- König, H., and Fröhlich J. (2009). Lactic Acid Bacteria. *Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine*, Berlin: Verlag. 1: 3-29.
- Kumar, A.S., Mody, K. and Jha, B. (2007). Bacterial Exopolysaccharides—A Perception. *Journal of basic microbiology*, 47(2): 103–117.
- Kuntz, L. A. (1996). Seasoning Secrets for Salty Snacks. *Food product design*. 5(10): 53-66. [http://www.foodproductdesign.com/archive\(January\)](http://www.foodproductdesign.com/archive(January)).
- Lam, K.K. and Newton, J.M. (1991). İntestigation of Applied Compression on The Adhesion of Powders to a Substrate Surface. *Powder Technology*, 65 (1-3): 167-175.
- Levander, F., Svensson, M. and Rådström, P. (2002). Enhanced Exopolysaccharide Production by Metabolic Engineering of *Streptococcus Thermophilus*. *Applied Microbiol*, 68 (2): 784-790.

- Manca, M. C., Lama, L., Improta, R., Esposito, E., Gambacorta, A. and Nicolaus, B. (1996). Chemical Composition of Two Exopolysaccharides from *Bacillus Thermoantarcticus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 62: 3265-3269.
- Marabi, A., Mayora, G., Burbidge, A., Wallach, R. and Saguy, Í.S. (2008). Assessing Dissolution Kinetics Of Powders By A Single Particle Approach. *Chemical Engineering Job*, 139: 118-127.
- Mellema, M. (2003). Mechanism And Reduction Of Fat Uptake İn Deep-Fat Fried Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14 (9): 364-373.
- Michalski, M.C., Desobry, S. and Hardy, J. (1997). Food Materials Adhesion: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(7): 591–619.
- Milci, S. ve Yaygin, H. (2005). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ve süt ürünlerindeki fonksiyonlari. *GIDA*, 30(2): 123-129.
- Miller, M.J. and Barringer, S.A. (2002). Effect Of Sodium Chloride Particle Size And Shape On Nonelectrostatic And Electrostatic Coating of Popcorn. *Journal of Food Science*, 67(1): 198-201.
- Mishra, A. and Jha, B. (2013). *The Prokaryotes: Microbial Exopolysaccharides*. E. Rosenberg, Ed. New York Dordrecht London, 11(4): 179-192.
- Mittal, K.L. and Demejo, A. (1995). *Fundamental of Adhesion And Interfaces*. VSP Press 95–108.
- Moyano, P. C. and Pedreschi, F. (2006). Kinetics Of Oil Uptake During Frying Of Potato Slices:: Effect Of Pre-Treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3): 285-291.
- Mulsaney, S. and Hsieh, F. (1988). Process Control For Extrusion Processing. *Cereal Food World*, 33, 971.
- Murrieta-Pazos, Í., Gaiani, C., Galet, L., Calvet, R., Cuq, B. and Scher, J. (2012). Food Powders: Surface And Form Characterization Revisited. *Journal of Food Engineering*, 112: 1-21.

- Nichols, C.A.M., Nairn. K.M., Glattauer. V., Blackburn. S.İ., Ramshaw, J.A.M. and Graham, L.D. (2009). Screening Microalgal Cultures in Search of Microbial Exopolysaccharides with Potential as Adhesives. *The Journal of Adhesion*, 85(2-3): 97-125.
- Otles, S. (2008). Modification of Surface Properties Of Biopowders By Dry Particle Coating. *Génie des procédés*, 283.
- Özdemir, P. ve Malayoğlu, H. B. (2017). Patates İşleme Endüstrisi Yan Ürünleri ve Hayvan Beslemede Değerlendirilmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, İzmir. 5(1): 93-97.
- Öztürk, A. ve Çopur, Ö. U., (2008). Mantar Bileşenlerinin Teröpatik Etkileri, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma. *Bahçe Dergisi*. Yalova. 37 (2): 11-17.
- Péant B., LaPointe G., Gilbert C., Atlan D., Ward P. and Roy D. (2005). Comparative Analysis of The Exopolysaccharide Biosynthesis Gene Clusters From Four Strains Of *Lactobacillus Rhamnosus*. *Microbiology*, 151: 1839–1851.
- Papadakis, S.E. ve Bahu, R.E., (1992). The Sticky Issues Of Drying. *Drying Technology*, 10: 817–837.
- Pektaş, S. (2014). Süt Ve Süt Ürünlerinden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Ekzopolisakkarit Üretim Yeteneklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir. 187s.
- Pedreschi, F., Cocio, C., Moyano, P. and Troncoso, E. (2008). Oil Distribution In Potato Slices During Frying. *Journal of Food Engineering*. 87(2): 200-212.
- Reis, S. F. ve Abu-Ghannam, N., (2014). Antioxidant Capacity, Arabinoxylans Content And In Vitro Glycaemic Index Of Cereal-Based Snacks Incorporated With Brewer's Spent Grain. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1): 269-277.
- Ruas-Madiedo, P. and De los Reyes-Gavilan, C. G. (2005). Invited Review: Methods For The Screening, Isolation, And Characterization of Exopolysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*, 88(3): 843-856.

- Salazar-Banda, G.R., Felicetti, M.A., Gonçalves, J.A.S., Coury, J.R. and Aguiar, M.L. (2007). Determination of The Adhesion Force Between Particles And A Flat Surface, Using The Centrifuge Technique. *Powder Technology*, 173: 107–117.
- Schubert, H. (1987). Food Particle Technology. Part I: Properties Of Particles And Particulate Food Systems. *Journal of Food Engineering*, 6: 1–32.
- Shang, H.M., Wang, Y., Takahashi K., Cao, G.Z., LI, D. and Xia, Y. N. (2005). Nanostructured Superhydrophobic Surfaces. *Journal of Materials Science*, 40: 3587 – 3591.
- Shukla, N. and Henthorn, K.H. (2009). Effect Of Relative Particle Size on Large Particle Detachment From a Microchannel. *Microfluidics and Nanofluidics*, 6: 521–527.
- Soyuçok, A., Ekiz, T., ve Kılıç, G.B. (2016). Ekzopolisakkaritlerin Özellikleri Ve Gıda Sanayindeki Önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 332-344.
- Staudt, A. (2009). *Rhizobium Tropicum: Identification Of Environmental Factors Critical To The Production Of Exopolysaccharides*. M.S. thesis, Dept. Civil Engineering and Geological Sciences, Notre Dame Univ., Notre Dame, USA.
- Suderman, D.R. and Cunningham, F.E., (1981). Effect of Freezing Broiler Drumsticks on Breeding Adhesion. *Journal of Food Science*, 46: 1953–1953.
- Sumonsiri, N. and Barringer, S.A. (2011). Ch 5 Food Industry Electrostatic Powder Coating. In: *Electrostatics: Theory and Applications*. Nova Science Publishers, Inc. Hauppauge NY. 159-170.
- Sun, Z., Yu, J., Dan, T., Zhang, W. and Zhang, H. (2014). Phylogenesis And Evolution Of Lactic Acid Bacteria. In H. Zhang, & Y. Cai (Eds.), *Lactic Acid Bacteria*, Netherlands: Springer. 2: 103-203.
- Sutherland, I. W. (1972). Bacterial Exopolysaccharides. *Advances in Microbial Physiology*, 8: 143-213.
- Sutherland, I. W. (1980). Polysaccharides in Adhesion of Marine And Freshwater Bacteria. In *Microbial Adhesion to Surfaces*. (Edited by Berkeley, R. C. W. et al.) *Ellis Harwood Limited*, Chichester, 329-338.

- Sutherland, İ. W. (1982). Biosynthesis of Microbial Exopolysaccharides. *Advances in Microbial Physiology*, 23: 79-150.
- Şahin, İ. (1995). Endüstriyel Mikrobiyoloji. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Bursa, 151s.
- Takeuchi, M. (2006). Adhesion Forces Of Charged Particles. *Chemical Engineering Science*, 61: 2279–2289.
- Tayfur, M., Besler, H.T., Kiziltan, G., Yıldız, E., Öztürk, B. ve Türker, P.F. (2016). Food And Nutrients Should Be Reduced Consumption. Pekcan G, Şanlıer N, Baş M, editörler. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2015. T.C. Sağlık Bakanlığı. 1. Baskı. Ankara: Kayhan Ajans. 68-71.
- Taydaş, E.E. ve Aşkin, O. (1995). Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Oluşumu. *Gıda dergisi*. 20(1): 3-8.
- TGK (2017) *Türk Gıda Kodeksi Kakao Ve Çikolata Ürünleri Tebliği*. Tebliğ No:30229.
- Topuz, O. K. (2011). Benekli Karides (*Metapenaeus monoceros*) Kırmızı Karides (*Aristaeomorpeha foliacea*) Etinin Çerez Gıda Üretiminde Kullanımı Ve Üretim Parametrelerinin Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. (Doktora Tezi). Akdeniz Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya. 174s.
- Vahdat, A.S., Azizi, S. ve Cetinkaya, C. (2013). Nonlinear Dynamics of Adhesive Micro-Spherical Particles on Vibrating Substrates. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 27: 1712–1726.
- Vaningelgem F., Zamfir M., Mozzi F., Adriany T., Vancanneyt M., Swings J. and De Vuyst L. (2004). Biodiversity of Exopolysaccharides Produced by *Streptococcus thermophilus* Strains is Reflected in their Production and their Molecular and Functional Characteristics. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (2): 900-912.
- Wang, Y., Ahmed, Z., Feng, W., Li, C. and Song, S. (2008). Physicochemical Properties of Exopolysaccharide Produced by *Lactobacillus Kefiranofaciens* ZW3 İsolated From Tibet Kefir. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43: 283–288.

Wyness, L.A., Buttriss, J.L. ve Stanner, S.A. (2012). Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. *Public Health Nutr.* 15(2): 254- 61.

Yüksekdağ, Z. N. (2005). Bazi Laktik Asit Bakterilerinin Fizyolojik, Biyokimyasal Plazmid DNA Ve Protein Profil Özelliklerinin İncelenmesi. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 179s.

Zimon, A. D. (1982). *Adhesion of Dust and Powders*, Consultants Bureau. New York. 109-125.



Ek-1

Duyusal Test Formu

Lütfen sunulan ürünlerin tadimini yaptıktan sonra verilen kriterleri 1'den den 10'a kadar puanlayınız.

(10-fevkalade, 9-mükemmel, 8-çok iyi, 7-oldukça iyi, 6-iyi, 5-orta, 4-ortanın altı kötünün üstü, 3-kötü, 2-çok kötü, 1-aşırı kötü)

Teşekkürler.

		X5A3									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Genel görünüş(renk)											
Genel tat											
Şekerli tat											
Ağızda dağılma											
Yabancı tat											
Genel kabuledilebilirlik											

		6RT4									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Genel görünüş(renk)											
Genel tat											
Şekerli tat											
Ağızda dağılma											
Yabancı tat											
Genel kabuledilebilirlik											

		8B6T									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Genel görünüş(renk)											
Genel tat											
Şekerli tat											
Ağızda dağılma											
Yabancı tat											
Genel kabuledilebilirlik											

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Ad-Soyad: Erva Nur KARASU

Doğum Yeri: Fatih/İSTANBUL

Doğum Tarihi: 27.04.1994

Sürücü Belgesi: var (B sınıfı)

Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi – Gıda Mühendisliği (2016 – 2018)

Üniversite: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi – Gıda Mühendisliği (2012 – 2016)

Lise: Özel Ensar Anadolu Lisesi (09/2008 – 06/2012)

Sertifikalar ve Kurslar

Kalite Yönetim Sistemleri Sertifikası,

Gıda Hijyeni ve Sanitasyonu Sertifikası,

5.Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi Katılım Belgesi,

İngilizce B2 sertifikası,

İşaret Dili Kurs Bitirme Belgesi,

Diksiyon Kurs Bitirme Belgesi,

Beden Dili Eğitim Sertifikası,

Liderlik Adımları ve Mücadele Ruhu Sertifikası,

Uygulamalı Takım Çalışması Sertifikası

Projeler

TÜBİTAK 2209/B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı:

- Çölyak Hastalarına Özel Glutensiz Tuzlu Kek Formülasyonlarının Hazırlanarak Reolojik, Tekstürel ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi (Proje Yürütücüsü),

- Türkiye’de Yetiştirilen Pıkan Cevizinden Soğuk Pres Yöntemi İle Yağ Eldesi ve Bu Yağların Kimyasal Özelliklerinin Tespiti (Proje ortağı)

TÜBİTAK 3501

- Optimum Koşullarda Üretilen Ekzopolisakkaritlerin (EPS) Gıda Tozlarının Gıda Yüzeylerine Yapışmasında Arayüz Olarak Kullanılabilirliklerinin Belirlenmesi (Bursiyer Öğrenci)

Bilgisayar Bilgisi

Microsoft Office Programları(Word, Excel, Powerpoint, Outlook): İyi

SPSS: İyi

İş tecrübesi

2015 Radix analiz laboratuvar hizmetleri tic.A.Ş. (Staj)

2015 İstanbul Halk Ekmek AŞ. (Staj)

Yayınlar

Karasu, E.N., Ermis, E. 2019. Determination of the effect of exopolysaccharide (EPS) from *Lactobacillus brevis* E25 on adhesion of food powders on the surfaces, using the centrifuge technique. *Journal of Food Engineering*, 242: 106-114.

Ermis, E., Karasu, E.N. Influence of Exopolysaccharide (EPS) Derived From a Local İsolate (*Lactobacillus brevis* E25) on the Adhesion of Salt Powders to Corn Chips. 5th International İSEKİ Food Conference, 3-5 Haziran 2018, Stuttgart, Almanya.