

PIYASADA SATILAN YOĞURTLARIN FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE ADE-İNİHİBİTÖR AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep Gürbüz¹, Tuba Erkaya Kotan²,
Hüseyin Ender Gürmeriç^{*3}, Mustafa Şengül¹

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Erzurum, Türkiye

³ Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Mustafa Beyaz Meslek Yüksekokulu, Şiran, Gümüşhane, Türkiye

Geliş/Received: 09.11.2023; Kabul /Accepted: 04.12.2023; Online baskı /Published online: 11.12.2023

Gürbüz, Z., Erkaya Kotan, T., Gürmeriç, H. E., Şengül, M. (2023). Piyasada satılan yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve ADE- inhibitör aktivitelerinin belirlenmesi. GIDA (2023) 48 (6) 1366-1378 doi: 10.15237/ gida.GD23107

Gürbüz, Z., Erkaya Kotan, T., Gürmeriç, H. E., Şengül, M. (2023). Determination of physicochemical, microbiological, and ACE-inhibitor activities of yogurts on the market. GIDA (2023) 48 (6) 1366-1378 doi: 10.15237/ gida.GD23107

ÖZ

Bu çalışmada, Erzurum piyasasında satılan 12 adet farklı ticari yoğurt örneğinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve reolojik özellikleri ile Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (ADE)-inhibitör aktiviteleri belirlenmiştir. Yoğurtların kurumadde, yağ, protein, serum ayrılması, pH ve viskozite değerleri %11.11-18.05, %1.25-4.70, %3.28-4.66, 0.95-9.00 ml/25g, 3.79-4.61, 7913.0-30425.0 cP aralığında değişmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre yoğurtların *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* sayıları ise sırasıyla 5.67-8.32 ve 6.12-8.5 log kob/g aralığında bulunmuştur. Yoğurtların ADE-inhibitör aktivite % ve IC₅₀ analiz sonuçları sırasıyla %55.57-77.90 ve 0.91-1.80 mg/ml arasında değişim göstermiştir. Yoğurt örneklerinin hepsi ADE-inhibitör aktivite göstermiş ve sonuçlar arasında önemli farklar ($P < 0.05$) olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yoğurt, ADE-inhibitör aktivite, fizikokimyasal özellikler, mikrobiyolojik özellikler, viskozite değerleri

DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, AND ACE-INHIBITORY ACTIVITIES OF YOGURTS SOLD IN THE MARKET

ABSTRACT

In this research, physicochemical, microbiological, and rheological properties and Angiotensin Converting Enzyme (ACE) inhibitory activities of 12 different commercial yogurt samples sold in Erzurum market were determined. Dry matter, fat, protein, serum separation, pH and viscosity values of yogurts varied between 11.11-18.05%, 1.25-4.70%, 3.28-4.66%, 0.95-9.00 ml/25g, 3.79-4.61, 30425.0-7913.0 cP, respectively. According to microbiological analysis results, *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* counts of the yogurts were determined between 5.67-8.32 and 6.12-8.5 log cfu/g, respectively. The ACE-inhibitory activity analysis results of yogurts were determined as % and IC₅₀, and their values varied between 55.57-77.90% and 0.91-1.80 mg/ml, respectively. All yogurt samples

*Sorumlu yazar / Corresponding author:

✉: hendergurmeric@gmail.com

☎: (+90) 456 233 3610

☎: (+90) 456 233 1009

Zeynep Gürbüz; ORCID no: 0000-0003-4066-0241

Tuba Erkaya Kotan; ORCID no: 0000-0003-4571-3090

Hüseyin Ender Gürmeriç; ORCID no: 0000-0001-8636-1031

Mustafa Şengül; ORCID no: 0000-0001-8447-2256

showed ACE-inhibitory activity and significant differences ($P < 0.05$) were determined between the results.

Keywords: Yoğurt, ACE-inhibitory activity, physicochemical properties, microbiological properties, viscosity values

GİRİŞ

Yoğurt, her yaş grubu tarafından tüketilebilen ve insan sağlığı açısından olumlu etkileri olan fermente bir süt ürünüdür. Laktoz intoleransı gibi sindirim problemlerine sahip kişiler tarafından bile rahatlıkla tüketilebilmektedir (Akai ve Yetişemiyen, 2020). Ayrıca bağırsak florasının düzenlenmesi ve yaşlanmayı geciktirmesi gibi sağlık üzerine olumlu etkileri söz konusudur (Su vd., 2017). Yüksek besleyici özelliğe sahip olan yoğurt, protein, karbonhidrat ve yağ içeriğinin yanı sıra kalsiyum, fosfor, çinko, magnezyum gibi mineral maddeler ve B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₉ (folat), B₁₂ gibi vitaminleri de içermektedir (Kızılaslan ve Solak, 2016; Gharehcheshmeh vd., 2021).

Yoğurdun yapısı, kazeinin hidrofobik ve disülfid bağları yoluyla birbirleriyle ve peyniraltı suyu proteinleri ile etkileşiminden kaynaklanır. Fermantasyonun ilk aşamasından itibaren, yoğurtta bulunan doğal enzimler ve mikrobiyal enzimler sayesinde oluşan proteoliz sonucunda süt proteinleri arasında etkileşimler meydana gelmektedir. Bununla birlikte, fermentasyon sırasında asitliğin gelişmesi ile pH'nın izoelektrik noktaya düşmesi söz konusudur. Bu etkileşimler ve ortamda meydana gelen değişimler sonucunda suyun hapsedilmesi ile ortaya jel kıvamında bir yapı çıkmaktadır (Özdemir ve Özcan, 2019). Yoğurdun oluşumunda önemli faktörlerden birisi kullanılan starter kültürdür ve *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* birlikte spesifik starter kültür olarak yoğurt üretiminde kullanılmaktadır (Anonim, 2022). Yoğurt üretiminde kullanılan bakterilerin proteolitik aktiviteleri sonucunda kazein ve serum proteinlerinin hidrolizi ile insan sağlığını olumlu yönde etkileyen biyoaktif peptitler oluşmaktadır. Biyoaktif peptitlerin etki mekanizmaları arasında opioid, immünomodulator, antimikrobiyal, antitrombotik, antioksidatif, mineral bağlayıcı ve antihipertansif (tansiyon düşürücü) etkileri sayılabilmektedir (Ay ve Şanlı, 2018).

Süt proteinlerinin parçalanması sonucu açığa çıkan biyoaktif peptitlerden bir kısmı antihipertansif etki göstermektedir (Wulandani vd., 2018). Bu etki mekanizması kısaca şöyle gerçekleşmektedir. Karaciğerden salgılanan Anjiyotensinojen proteini, böbreklerden salgılanan renin enzimi vasıtasıyla Anjiyotensinojen-I'e dönüştürülür. Anjiyotensinojen-I ise Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim (ADE) vasıtasıyla Anjiyotensinojen-II'ye dönüştürülmektedir. Anjiyotensinojen-II ise kallikrein-kinin gibi sistemlerin de etkisiyle damarları daraltarak tansiyonun yükselmesine neden olmaktadır. Bazı biyoaktif peptitler ADE enzimini inhibe ederek Anjiyotensinojen-II dönüşüm mekanizmasını engellemekte ve bu şekilde tansiyon düşürücü etki ortaya çıkmaktadır (Koçak ve Şanlı, 2016). Süt ve süt ürünleri antihipertansif etki gösteren biyoaktif peptitler açısından iyi bir kaynak olarak gösterilmektedir (Shori vd., 2021). Bu nedenle, fermente bir süt ürünü olan yoğurdun insan sağlığı üzerinde olumlu etkilerinin bilimsel çalışmalar ile ortaya çıkarılmasına yönelik birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Savaiano ve Hutkins, 2021).

Artan tüketici bilincine paralel olarak sağlıklı gıdalara olan talep giderek artmaktadır. Özellikle insan sağlığını ilgilendiren çalışmaların ortaya konması daha bilinçli tüketicilerin oluşması açısından fayda sağlamaktadır (Işık vd., 2022). Son yıllarda doğal ürünlere yönelim artmış olsa da sokak sütünün güvenilirliğinin düşük olması, düşük mikrobiyolojik kalitesi, hilelere açık olması ve antibiyotik içerebilmesi vb. nedenlerden dolayı endüstriyel olarak üretilen yoğurt tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmektedir (Ertem ve Çakmakçı, 2019). Yoğurt gibi fermente süt ürünleri ile ilgili çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmakta ve çeşitli yörelerde satışa sunulan yoğurtların gerek mikrobiyolojik, hijyenik gerekse de fizikokimyasal ve duyu kalitesine yönelik araştırma sayısı da nispeten fazladır. Bununla birlikte, son yıllarda yoğurdun biyoaktif

bileşenlerinin ve tansiyon düşürücü etkilerinin araştırıldığı çalışma sayısı ise gün geçtikçe artmaktadır (Rubak vd., 2019). Ancak, piyasada tüketime sunulan yoğurtlar ile ilgili çok fazla sayıda araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, Erzurum piyasasında satılan yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve ADE-inhibitör aktivite özelliklerinin belirlenmesidir. Özellikle piyasa yoğurtlarının *in vitro* olarak ADE-inhibisyon etkisinin belirlenmesiyle literatüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Erzurum'daki marketlerden homojenize edilmiş tam yağlı set tipi 12 adet farklı firmaya ait 1,5 kg'lık ambalaj içerisindeki yoğurtlar satın alınmıştır. Farklı marketlerden satın alınan aynı tipteki yoğurtlar bekletilmeden Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilerek analizleri gerçekleştirilinceye kadar +4 °C'de buzdolabı koşullarında muhafaza edilmişlerdir.

Yöntem

Fizikokimyasal analizler

Yoğurt örneklerinin toplam kurumadde analizi fırında kurutularak, protein analizi Kjeldahl metoduyla Sahan vd. (2008) tarafından belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Her bir yoğurt numunesinin pH değeri, pH metre (Mettler Toledo Seven Compact pH/Ion S220) kullanılarak belirlenirken, yağ analizleri ise Gerber metodu kullanılarak tespit edilmiştir (Metin, 2012). Yoğurtlardan alınan 25 g örnek +4 °C'de 2 saat bekletilerek filtre kağıdından süzülüp ve ayrılan serum miktarı volümetrik olarak ölçülerek serum ayrılması tespit edilmiştir (Atamer ve Sezgin, 1986).

Mikrobiyolojik analizler

Yoğurt numunelerinin laktik asit bakteri sayımı için MRS agarda (Merck, Darmstadt, Almanya) *L. bulgaricus* sayısı, 37 °C'de 72 saat inkübasyon koşullarında anaerobik ortam sağlanarak belirlenmiştir. *S. thermophilus* sayısı ise M-17 agarda (Merck, Darmstadt, Almanya) 37°C'de 48 saat aerobik koşullarda inkübe edilerek belirlenmiştir. Bakteri sayıları paralelli ekimler yapılarak belirlenmiş olup sonuçlar log kob/g olarak ifade edilmiştir (Speck, 1976).

Viskozite analizi

Yoğurtların viskozite ölçümleri Brookfield Dijital Viskozimetre cihazı (Brookfield model RVDV-II+P, Brookfield Engineering Laboratories, ABD) kullanılarak RV 5 nolu başlık ile 20 rpm dönüş hızında ölçülmüştür. Numunelerin viskozite akış eğrisi ise rpm 0'dan 100'e kadar artırılarak ölçülen viskozite değerlerinden logaritmik olarak karakterize edilmiştir (Sahan vd., 2008, Ünal vd., 2020, Gürbüz vd., 2021). Akış davranışı, aşağıda ifade edilen 'Power Law Modeli' denkleminde (1) göre hesaplanmıştır:

$$\eta = K\dot{\gamma}^{(n-1)} \quad (1)$$

η ; görünür viskozite (Pa s)

K; kıvam indeksi

$\dot{\gamma}$; kayma hızı (rpm)

n; akış davranış indeksi

ADE-inhibitör aktivite analizi

Yoğurt örneklerinin ADE-inhibitör aktivitelerini belirlemek amacıyla yoğurtlardan 30'ar g örnek tartılmıştır. Örneklere, 5 °C sıcaklıkta ve 10000 x g'de 10 dakika süre ile santrifüj işlemleri uygulanmıştır. Santrifüj sonucu ayrılan sıvı kısım Whatman no. 40 filtre kağıdından süzülerek suda çözünür ekstraktlar (SÇE) elde edilmiştir (Erkaya Kotan, 2020) Elde edilen ekstraktların protein içeriğini belirlemek amacıyla Folin Lowry Metodu (Lowry vd., 1951) kullanılmıştır. Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılarak standart eğri grafiği oluşturulmuş ve bu grafik üzerinden elde edilen formül ile SÇE'lerin protein miktarları hesaplanmıştır. SÇE'lerin ADE-inhibisyon aktivitesi kolorimetrik ve spektrofotometrik analiz yöntemleri kullanılarak Erkaya ve Şengül (2015) tarafından ifade edildiği şekilde uygulanmıştır. 250 µl hippuril-histidin-lösin (HHL, Sigma Aldrich) solüsyonu (pH 8.3, HHL: 3.8 mmol/l, sodyum borat tamponu: 100 mmol/l, NaCl: 300 mmol/l) ve 35 µl SÇE karıştırılarak 37 °C'de 3 dakika süre ile inkübe edilmiştir. Daha sonra karışıma, 2 mU ADE (from rabbit lung; Sigma Aldrich) ilave edilerek 37 °C'de 30 dakika süre ile inkübe edildi. Reaksiyon 250 µL, 1 M HCl ilave edilerek durduruldu. Numunelerin deiyonize suya karşı, UV görünür spektrofotometre (Optizen Pop, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea) ile 393 nm'de absorbans değerleri ölçüldü.

ADE inhibisyon (%) değerleri aşağıdaki denkleme (2) göre hesaplanmıştır.

$$ADE - inhibisyon\ aktivite\ (\%) = 1 - \left(\frac{C-D}{A-B} \right) \times 100 \quad (2)$$

A: ADE içeren ancak örnek içermeyen numune absorbansı,

B: Hem ADE hem de örnek içermeyen numune absorbansı,

C: Hem ADE hem de Örnek içeren numune absorbansı,

D: Numune içeren ancak ADE içermeyen numune absorbansı.

%50 inhibisyon (ADE) için gerekli inhibitör (suda çözünür ekstrakt)

t) madde miktarının ifade edildiği IC₅₀ değerleri de ayrıca hesaplanmıştır. IC₅₀ değerleri yoğurtların SÇE'lerinin ADE-inhibitör aktivitesinin protein konsantrasyonuna karşı lineer regresyonu ile belirlenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS 20 (IBM, New York, US)

paket programı kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirme tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) uygulanarak yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi ile istatistiksel açıdan önemli çıkan farklılıklar ($P < 0.05$) harfler ile gösterilmiş ve ortalama değerlerin standart sapmaları hesaplanmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Yoğurtlara ait bazı fizikokimyasal analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Yoğurt örneklerinin kurumadde değerleri %11.11-18.05 arasında, ortalama değer ise %13.72 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen kurumadde değerleri Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından belirlenen Bilecik piyasası yoğurtlarının ortalama kurumadde değeri (%13.96) ile benzerlik göstermekte olup, en düşük (%11.04) ve en yüksek (%18.55) değerleri Tavşanlı vd. (2020) tarafından yapılmış çalışmanın sonuçları ile uyumludur.

Çizelge 1. Yoğurt örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

Table 1. Physicochemical properties of yogurt samples

Örnek Kodu Sample Code	Kurumadde (%) Dry matter (%)	Protein (%) Protein (%)	Yağ (%) Fat (%)	pH pH	Serum Ayrılması (ml/25g) Serum Separation (ml/25g)
Y1	14.86 ± 0.02 ^f	4.14 ± 0.05 ^c	3.80 ± 0.00 ^a	4.39 ± 0.01 ^{df}	0.95 ± 0.07 ^a
Y2	14.40 ± 0.06 ^c	4.45 ± 0.05 ^d	3.60 ± 0.00 ^a	4.61 ± 0.03 ^b	2.20 ± 0.21 ^b
Y3	14.29 ± 0.04 ^c	3.65 ± 0.15 ^b	3.60 ± 0.00 ^a	4.24 ± 0.03 ^c	2.10 ± 0.07 ^b
Y4	11.11 ± 0.02 ^a	3.28 ± 0.11 ^a	2.90 ± 0.00 ^c	4.35 ± 0.01 ^d	4.40 ± 0.28 ^c
Y5	13.59 ± 0.03 ^d	3.64 ± 0.04 ^b	3.80 ± 0.00 ^a	4.38 ± 0.01 ^{df}	1.80 ± 0.11 ^{ab}
Y6	14.49 ± 0.02 ^{ef}	3.55 ± 0.06 ^b	3.20 ± 0.00 ^b	4.41 ± 0.01 ^{dfg}	2.60 ± 0.17 ^b
Y7	12.77 ± 0.03 ^c	4.47 ± 0.17 ^{df}	3.15 ± 0.07 ^{bc}	4.44 ± 0.01 ^{fg}	2.40 ± 0.14 ^b
Y8	13.47 ± 0.01 ^d	4.52 ± 0.04 ^{df}	1.25 ± 0.07 ^d	4.47 ± 0.01 ^g	4.60 ± 0.24 ^{cd}
Y9	12.80 ± 0.01 ^c	4.66 ± 0.07 ^f	3.30 ± 0.14 ^b	3.79 ± 0.06 ^a	5.60 ± 0.27 ^{de}
Y10	13.24 ± 0.28 ^d	3.61 ± 0.06 ^b	2.00 ± 0.00 ^c	4.61 ± 0.06 ^h	6.30 ± 0.42 ^c
Y11	18.05 ± 0.14 ^g	3.99 ± 0.05 ^c	4.70 ± 0.14 ^f	3.97 ± 0.01 ^b	3.80 ± 0.28 ^c
Y12	11.58 ± 0.55 ^b	3.53 ± 0.01 ^b	3.20 ± 0.00 ^b	3.84 ± 0.00 ^a	9.00 ± 0.42 ^f
En Yüksek Highest	18.05	4.66	4.70	4.61	9.00
En Düşük Lowest	11.11	3.28	1.25	3.79	0.95
Ortalama Mean	13.72	3.96	3.21	4.29	3.81

Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur; aynı sütunda farklı üst simge harfleri olan ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ($P < 0.05$). Y = Yoğurt

Data are presented as mean ± standard deviation; means with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$). Y = Yogurt

Yoğurt örneklerinin ortalama protein değeri %3.96 olarak belirlenirken en yüksek ve en düşük değerler %3.28-4.66 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Belirlenen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022) 'nde bulunan yoğurtların protein miktarının en az %3.0 olması gerektiği ibaresi ile uyum göstermektedir. Literatüre bakıldığında piyasadan alınan yoğurtların protein oranı ortalamaları, Bilecik ili piyasa araştırmasında %3.51 (Demirkaya ve Ceylan, 2013), Balıkesir ili araştırmasında %4.11 (Tavşanlı vd., 2020) ve Erzurum ili araştırmasında ise %3.43 (Bakırcı vd., 2015) olarak belirlenmiştir. Yoğurtlarda protein oranlarının farklılık göstermesinde kullanılan hammadde (süt) bileşiminin etkili olduğunu ileri sürmek mümkündür.

Piyasa yoğurt örneklerinin yağ değerleri %1.25-4.70 arasında değişmiştir ve ortalama değer %3.21 olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Analizleri yapılan ve etiketinde tam yağlı yoğurt olduğu belirtilen yoğurtların bir kısmının tam yağlı yoğurt (Süt yağı > %3.8) standartlarına uymadığı anlaşılmıştır (Anonim, 2022). Piyasadan alınan 30 yoğurt örneği ile yapılan bir çalışmada, yağ değerleri %3.00-4.20 aralığında, ortalama %3.39 olarak bulunmuştur ve sonuçlar çalışmada bulunan değerler ile paralellik göstermektedir (Demirkaya ve Ceylan, 2013).

Yoğurt örneklerinin pH değerleri ortalama olarak 4.28 olarak belirlenirken en yüksek ve en düşük değerler 3.78 ile 4.61 arasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Erzurum piyasası ile ilgili yapılan bir yoğurt çalışmasında ortalama pH değeri 4.95 olarak belirlenirken (Karacaoğlu ve Özdemir, 2021), yoğurda fonksiyonel polisakkarit ilave edilen başka bir çalışmada 4.23-4.44 arasında belirlenmiştir (Wang vd., 2022). Gürsoy ve Kayaardı (1999) tarafından yapılan bir çalışmada ise *Lactobacillus acidophilus* ve Bifidobakteriler ile üretilen diyet yoğurtların pH değerleri 4.00-4.29 aralığında bulunmuştur. Yoğurt bakterilerinin metabolik aktivitelerinde ve hücre canlılığında azalmaya neden olabilecek aşırı ekşimenin olmaması için yoğurdun pH'sının 4.2'den düşük olmaması gerekmektedir (Mohsin vd., 2022). Yoğurt starter kültürleri süt şekerini laktik aside metabolize ederek süt pH'sını düşürürler. Böylece

yoğurta karakteristik asidik tad ve aromanın oluşmasını sağlarlar. Kullanılan bakteri suşuna göre değişiklik göstermekle birlikte basiller laktik asit oluşumunda yüksek etkiye sahiptirler (Bakırcı vd., 2015). Bu durum, çalışmada belirlenen en düşük pH değerlerine sahip yoğurtların *L. bulgaricus* sayılarının daha yüksek bulunması ile doğrulanmaktadır.

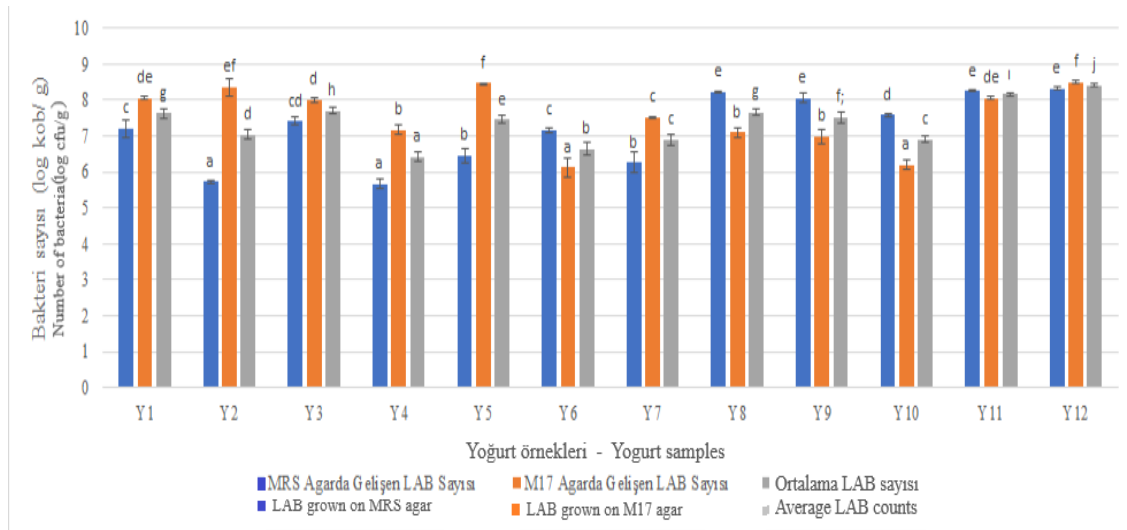
Sinerezis olarak da bilinen serum ayrılması, yoğurdun stabilitesi ve kalitesi açısından önemli bir parametredir. Serum ayrılması, yoğurt içerisinde hapsedilen suyun bu matriksin dışına çıkması olarak tarif edilebilir. Teknolojik açıdan serum ayrılması yüksek olan yoğurtlar kusurlu olarak değerlendirilmektedir (Amadarshanie vd., 2022). Bu çalışmada, yoğurtların serum ayrılması analiz sonuçları (Çizelge 1) 0.95-9 ml/25g arasında değişmektedir. Ortalama sonuç ise 3.81 ml/25g olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiksel değerlendirmede, yoğurt örneklerinin serum ayrılması sonuçları arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt örnekleri arasında 6 farklı grup ortaya çıkmıştır ($P < 0,05$). Bu farklılıklar Çizelge 1'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar ürün bileşimi, üretim yöntemi, depolama süresi, uygun olmayan inkübasyon sıcaklığı ve hızlı asitlik gelişimi gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmış olabilir (Atasever, 2004; Hematyar vd., 2012; Arab vd., 2022). Yapılan bir çalışmada, piyasada satılan 40 adet yoğurdun serum ayrılması sonuçları 3.35-9.5 ml/25g arasında bulunmuştur (Bakırcı vd., 2015). Bu değerler bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerler ile benzerlik göstermektedir.

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Yoğurt jeli oluşumu sırasında etkili olan laktik asit bakterilerinden (LAB) *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*'un yoğurdun tekstürel yapısı, tat ve aroması üzerinde önemli rolü vardır (Bakırcı vd., 2015). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde spesifik bakteri sayısının 7 log kob/g'ın üzerinde olması gerektiği ifade edilmektedir (Anonim, 2022). Yoğurtların mikrobiyolojik ekim sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre MRS agarda gelişen *L. bulgaricus* sayısı ortalama 7.18 log kob/g olarak belirlenirken en yüksek

değer Y12 kodlu yoğurt örneğinde 8.32 log kob/g, en düşük değer ise 5.67 log kob/g ile Y4 kodlu yoğurt örneğinde belirlenmiştir. Ortalama *L. bulgaricus* değeri (7.18 log kob/g) standartlarda belirtilen değere uygunluk gösterirken örnekler ayrı ayrı incelendiğinde standarttan düşük ve yüksek değerler de tespit edilmiştir. Diğer taraftan M17 agarda gelişen *S. thermophilus* bakteri sayısı incelendiğinde ise ortalama değer 7.54 log kob/g ile standartlara uygunluk gösterdiği ancak bazı yoğurt örneklerinin toplam spesifik mikroorganizma değerinin (en az 10^7 kob/g) tebliğe uygun olmadığı belirlenmiştir (Anonim, 2022). Erzurum piyasası mahalli ve ticari yoğurtları üzerine yapılan bir araştırma sonucunda, MRS agarda gelişen LAB sayısı ortalama 4.71 log kob/g ve M17 agarda gelişen LAB sayısı ortalama 6.20 log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu sonucun kullanılan kültürdeki bakteri oranları ve fermantasyon şartlarının

bakteri gelişimine olan etkisinden kaynaklanmış olabileceği ileri sürülmüştür (Karacaoğlu ve Özdemir, 2021). Başka bir çalışmada ise piyasa yoğurt örneklerinin LAB sayıları 5.08-7.98 log kob/g aralığında tespit edilmiştir (Demirkaya ve Ceylan, 2013). Bakırcı vd. (2015) yaptıkları çalışmada ise *S. thermophilus* bakteri sayısını ortalama olarak 8.16 log kob/g, *L. bulgaricus* sayısını ise 8.5 log kob/g olarak belirleyerek piyasa yoğurtlarının Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde belirtilen limitten yüksek olduğunu ifade etmişlerdir (Anonim, 2022). Bakteri sayıları arasında oluşan farklılıkların sebepleri arasında, üretim tekniği (inkübasyon süresi, sıcaklığı vb.), kullanılan LAB çeşidi ve oranı gibi faktörler sayılabilir (Bakırcı vd., 2015). Ayrıca fermantasyon başlangıcında *S. thermophilus*'un daha hızlı geliştiği, ilerleyen aşamalarda *L. bulgaricus* gelişiminin hızlandığı ifade edilmektedir (Karacaoğlu ve Özdemir, 2021).



Şekil üzerindeki farklı harflendirmeler örnek bakımından bakteri sayılarının $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduklarını ifade etmektedir. Y: Yoğurt

Different labels in the figure indicate that the bacterial counts in the sample differ statistically at the $P < 0.05$ level. Y: Yogurt

Şekil 1. Yoğurt örneklerine ait LAB sayıları

Figure 1. LAB numbers of yogurt samples

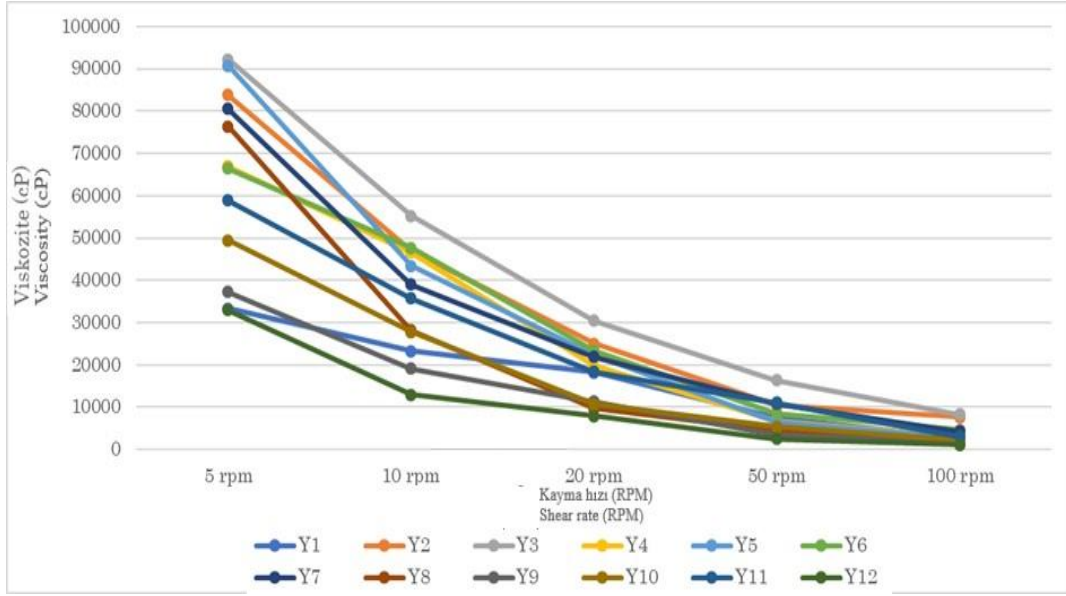
Viskozite ve Akış Özellikleri

Viskozite yoğurtta en önemli kalite parametrelerinden biridir. Yoğurt üretimi sırasında süte ön işlemlerin uygulanması, kullanılan starter kültürlerin tipi ve özelliği, üretim yöntemleri son ürünün viskozite, reoloji ve pıhtı stabilitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Özer,

2006). Isıl işlemler, homojenizasyon, inkübasyon şartları, mekanik uygulamalar ve son ürünün depolanması gibi faktörler ise üretim parametreleri olarak viskozite üzerinde etki göstermektedir (Sodini vd., 2004). Yoğurdun tüketiciler tarafından tercih edilebilirliğini tat ve aromasının yanı sıra viskozite özellikleri

belirlenmektedir. Bu nedenle ürün kalite kontrolünde viskoelastik özelliklerin ölçümü önem arz etmektedir. Bu ölçümler ile yoğurt pıhtısının homojenliği ve yoğurt pıhtısındaki

proteinlerin bağlantı durumu hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir (Özer ve Robinson, 1999). Çalışma kapsamındaki yoğurtların viskozite değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Y: Yoğurt, Y: Yogurt

Şekil 2. Yoğurt örneklerinin viskozite değerleri

Figure 2. Viscosity values of yogurt samples

Analiz sonuçlarına göre 20 rpm de en yüksek değer 30425 cP ile Y3 kodlu yoğurt örneğinde belirlenirken en düşük değer 7913.0 cP ile Y12 kodlu yoğurt örneğinde belirlenmiştir (Şekil 2). Tüm yoğurt örneklerinde ortalama değer 18236.8 cP olarak belirlenmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde Y12 kodlu yoğurt örneğinin kurumadde, yağ ve protein miktarlarının Y4 kodlu örnekten sonra en düşük olduğu ve en yüksek serum ayrılması değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, bu örneğin düşük viskozite değerlerini açıklamaktadır. Diğer taraftan örnekler arasında en yüksek viskoziteli yoğurtların kurumadde, yağ, protein ve pH değerlerinin daha yüksek, serum ayrılması değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Kurumadde ve protein oranı arttıkça yoğurt viskozitesinin artması beklenir (Atamer ve Sezgin, 1986; Pekçalışkan vd., 2023). Y2, Y3 ve Y6 yoğurt örneklerinin kurumadde ve viskozite değerleri diğer örneklere göre nispeten daha yüksektir. Y2 ve Y7 yoğurt örneklerinin protein oranları ile viskozitelerinin doğru orantılı

olduğu söylenebilir. Ancak diğer yoğurt örnekleri ile protein oranına bağlı olarak viskozitenin arttığı belirlenememiştir. Bu farklılıklar, kurumadde miktarı, uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi, homojenizasyon, pH, kullanılan starter kültür, inkübasyon şartları, protein miktarı ve serum proteinlerinin denatürasyon oranı gibi viskoziteyi etkileyen faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermiş olabilir (Göçer vd.,2016; Akın ve Akın, 2016; Pekçalışkan vd. 2023).

Gıda endüstrisinde gıdaların gösterdiği akış özellikleri proses tasarımı, bileşen özellikleri, kalite ve raf ömrü kontrolü ve duyu değerlerle korelasyonunun belirlenmesi amacıyla önem arz etmektedir (Hu vd., 2022). Ürünün akış özellikleri uygulanan kayma hızına karşılık belirlenen kayma gerilimine bağlı olarak ortaya konulan reogram adı verilen akış eğrileri ile belirlenmeye çalışılır (Steffe, 1996; Koçak, 2004). Akışkan gıdaların akış özellikleri 'Power Law Modeli' kullanılarak belirlenmektedir. Bu modele göre artan kayma

hızıyla azalan viskozite değerlerine sahip gıdalar non-Newtonian gıda olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, çalışmamız kapsamında yoğurt örneklerinin non-Newtonian akış davranış özelliği gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bahsi geçen matematiksel modellemeye göre kıvam indeksini ifade eden K değeri ve akış davranış indeksini ifade eden n

değeri akışkan gıdaları karakterize etmede kullanılan önemli parametreler olarak değerlendirilmektedir. Yoğurt örneklerinin akış davranış değerleri ise Çizelge 2’de verilmiştir. Akış davranış indeksini ifade eden n değeri 1’den büyük ise dilatant, küçük ise psödoplastik akış davranışı sergilediği söylenebilir.

Çizelge 2. Yoğurt örneklerinin viskozite değerleri ve akış davranış özellikleri

Table 2. Viscosity values and flow behavior properties of yogurt samples

Örnek Kodu Sample Code	Viskozite (cP) Viscosity (cP)	n	K (Pa.S ⁿ)	R ²
Y1	18220.0	0.1958	148895.5	0.9398
Y2	24987.5	0.1709	308970.2	0.9909
Y3	30425.0	0.2051	338067.2	0.9971
Y4	19700.0	0.0902	472125.4	0.9867
Y5	22351.3	0.1793	655399.3	0.9958
Y6	23375.0	0.0722	344896.6	0.9878
Y7	21850.0	0.0587	363305.7	0.9916
Y8	9700.0	-0.133	391601.5	0.9790
Y9	11350.0	-0.050	218163.5	0.9927
Y10	10650.0	0.0309	268874.5	0.9915
Y11	18319.8	0.0660	297152.3	0.9566
Y12	7913.0	-0.107	190232.1	0.9945
En Yüksek Highest	30425.0	0.2051	655399.3	0.9971
En Düşük Lowest	7913.0	-0.133	148895.5	0.9398
Ortalama Mean	18236.8	0.0645	333140.3	0.9837

Y: Yoğurt, Y: Yogurt

Araştırma sonuçlarına göre n değerleri 0.050 ile 0.2051 arasında belirlendiği için Erzurum piyasası yoğurt örneklerinin Newtonian olmayan psödoplastik akış davranışı sergilediği görülmektedir. Çizelge 2’ye göre kıvam indeksi değeri (K) en yüksek Y5 kodlu yoğurt örneğinde 655399.3 olarak belirlenirken en düşük değer Y1 kodlu yoğurt örneğinde 148895.5 olarak belirlenmiştir. Akış davranış indeksi (n) en yüksek 0.2051 değeri ile Y3 kodlu yoğurt örnekte belirlenirken en düşük -1.333 ile Y8 kodlu yoğurt örneğinde belirlenmiştir. Kalyas ve Ürkek (2020)’in siyah üzüm çekirdeği tozunun yoğurda etkisini inceledikleri çalışmada, K değerlerini 2970-7064 arasında belirlerken örneklerde psödoplastik akış davranışı tespit etmişlerdir.

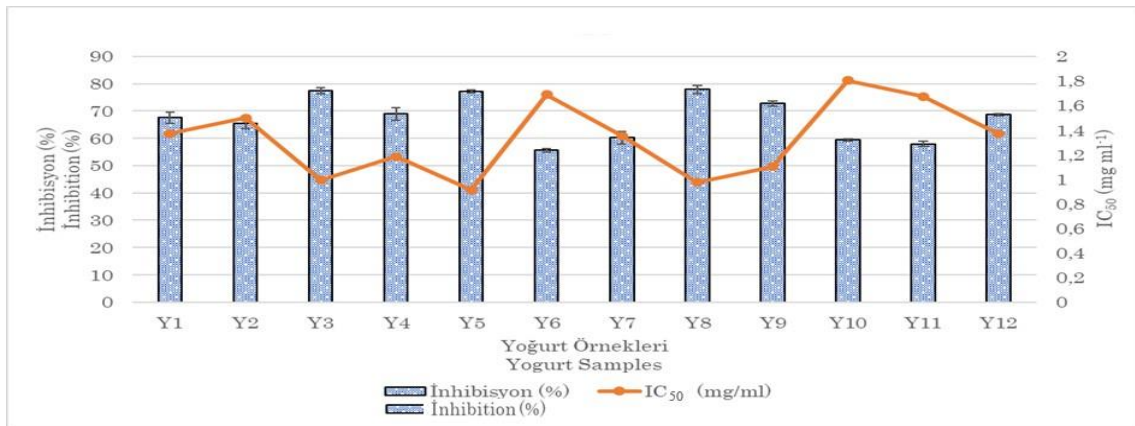
Düşünen (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise inek sütü ikameli manda yoğurdunun kıvam indeksi değeri 13.5-25.1 Pa.sⁿ olarak belirlenirken n değerleri 0.061 ile 0.143 arasında belirlenerek psödoplastik davranış sergilediği ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Gürbüz vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada doğal stabilizör ilaveli yoğurt örneklerinde n değeri 1’den küçük bulunmuş ve kayma hızıyla azalan viskozite değeri belirlenmesi ile Newtonian olmayan psödoplastik akış özelliği belirlenmiştir.

ADE-İnhibitör Aktivite Sonuçları

Yoğurtların IC₅₀ ve % ADE inhibisyon değerleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Tüm yoğurtlar ADE inhibisyon aktivitesi göstermiş ve sonuçlar

arasında önemli farklar ($P < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. IC_{50} değerleri 0.91-1.80 mg/ml arasında, % inhibisyon değerleri ise %55.57-77.90 arasında değişim göstermektedir. IC_{50} değeri yükselirken, % inhibisyon değerinin ters orantılı olarak düşmesi beklenir. Bu durum, Şekil 3'te ayrıntılı olarak görülebilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde Y3, Y5 ve Y8 kodlu yoğurtlar en yüksek % inhibisyon değerlerine (%77.46, 77.14 ve 77.90) sahipken, IC_{50} (1.00, 0.91 ve 0.98 mg/ml) sonuçlarının ise ters orantılı olarak en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu örneklerin kendi aralarında istatistiksel olarak önemli farklar ($P > 0.05$) göstermediği belirlenmiştir. Diğer taraftan, Y6, Y10 ve Y11 kodlu yoğurtların en düşük % inhibisyon değerleri (%55.57, 59.40 ve 57.97) ile en yüksek IC_{50} değerlerine ise (1.69, 1.80 ve 1.67 mg/ml) sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5). Benzer şekilde bu değerler arasındaki farklılıkların da önemli ($P > 0.05$) olmadığı bulunmuştur. İstatistiksel açıdan yoğurtların % inhibisyon değerleri arasında 5 farklı grup oluşurken, IC_{50} değerleri arasında ise 6 farklı grup ($P < 0.05$) oluşmuştur. En yüksek ADE-inhibitör aktiviteye sahip Y3, Y5 ve Y8 kodlu yoğurt örneklerinin LAB sayılarının da benzer şekilde yüksek olması biyoaktif peptitlerin de bu yoğurtlarda daha fazla üretilmiş olabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan Y12 örneğinde LAB sayısının diğer örneklerle göre en yüksek olmasına karşın ADE-inhibitör aktivitenin bu yoğurt örneğinde en yüksek değerde olmadığı görülmektedir. Bu durum, bu örneğin tüm

örneklerle kıyasla en düşük protein içeriğine sahip olmasıyla açıklanabilir. Benzer şekilde LAB sayısı yüksek olmasına karşın ADE-inhibitör aktivite değeri düşük olan Y11 kodlu yoğurt örneğinin de oldukça düşük protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Biyoaktif peptitlerin fermente süt ürünlerinde LAB'ların proteolitik aktivitesine bağlı olarak oluştuğu düşünüldüğünde bu sonuçlar oldukça tutarlıdır. Ancak pazardan alınan bu yoğurtların içerdiği yoğurt bakterilerinin suşlarının ve proteolitik özelliklerinin bilinmemesi nedeniyle yoğurtların protein konsantrasyonu ve LAB sayıları ile ADE-inhibitör aktiviteleri arasında tam bir paralellik söz konusu değildir. Bununla birlikte; sonuçlar arasındaki farklılıklar sütün bileşimine (yağ, protein vb.), depolama süresi (Habibi vd., 2019), proteoliz (Silva vd., 2017) kullanılan starter kültürün özellikleri (Korhonen, 2009) ve üretim koşulları (Silva vd., 2018) gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermiş olabilir. Bu çalışmada elde edilen ADE-inhibitör aktivite değerlerine benzer olarak Shakerian vd. (2015) probiyotik yoğurt ürettikleri çalışmada kontrol grubu yoğurtların % inhibisyon değerlerini %77.5-81.5 arasında bulurken, IC_{50} değerlerini ise 0.98-1.52 mg ml⁻¹ aralığında bulmuştur. Literatür incelemesinde yoğurtlarda ADE-inhibisyon aktivitesi ve IC_{50} sonuçları açısından sırasıyla %50-90 ve 0.5-2.0 mg/ml arasında değişkenlik gösteren başka araştırmalara da rastlanmıştır (Unal ve Akalın, 2012; Shori vd., 2013; Rutella vd., 2016; Abd El-Fattah vd., 2018; Abdel-Hamid vd., 2020; Shori vd., 2021).



Y: Yoğurt, Y: Yogurt

Şekil 3. Yoğurt örneklerinin ADE % inhibisyon ve IC_{50} (mg/ml) değerleri
Figure 3. ACE % inhibition and IC_{50} (mg/ml) values of yogurt sample

SONUÇ

Bu çalışmada, Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve reolojik özelliklerine ait güncel bilgiler sunulmuştur ve ADE-inhibitör aktiviteleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, yoğurt örneklerinde yapılan analizlerin ortalama değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak incelendiğinde, tüm yoğurtların protein oranlarının Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak, 12 adet yoğurttan 3'ünün yağ oranlarının etikette belirtilen değerle uyumlu olmadığı görülmüştür. Yoğurtların serum ayrılması değerleri arasında da önemli farklılıklar gözlenmiştir. Reolojik özellikleri incelenen örneklerin beklendiği gibi Newtonian olmayan psödoplastik akış davranışı sergilediği belirlenmiştir. Ayrıca, 8 adet yoğurdun *L. bulgaricus* sayıları *S. thermophilus* sayılarına kıyasla daha yüksek bulunmuş olup iki bakteri arasındaki oranın tüm yoğurtlarda 1:1 olmadığı anlaşılmıştır. Diğer taraftan, yoğurt örneklerinin ADE-inhibisyon değerleri %55.57-77.90 arasında değişim göstermiş olup bu durum piyasada satılan yoğurtların tansiyon düşürücü etkilerinin yüksek olabileceğini ortaya koymuştur. *In vitro* şartlarda gerçekleştirilen ADE-inhibitör aktivite analiz sonuçları piyasada satışa sunulan yoğurtlar açısından bir fikir vermiş olmasına rağmen bu konuda daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların makale ile ilgili herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Çalışmada Zeynep GÜRBÜZ, hammadde temini ve laboratuvar çalışmaları, sonuçların düzenlenerek yorumlanması ve makalenin yazımı, Hüseyin Ender GÜRMERİÇ laboratuvar çalışmaları, sonuçların düzenlenerek yorumlanması ve makalenin yazımı, Tuba ERKAYA KOTAN çalışmanın kurgulanması, makalenin incelenmesi ve sonuçların yorumlanmasında ve Mustafa ŞENGÜL çalışmanın yürütülme süreci ile sonuçların değerlendirilmesine katkıda bulunmuşlardır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Fattah, A., Sakr, S., El-Dieb, S., Elkashef, H. (2018). Developing functional yogurt rich in bioactive peptides and gamma-aminobutyric acid related to cardiovascular health. *LWT*, 98: 390–397.
- Abdel-Hamid, M., Romeih, E., Huang, Z., Enomoto, T., Huang, L., Li, L. (2020). Bioactive properties of probiotic set-yogurt supplemented with *Siraitia grosvenorii* fruit extract. *Food Chemistry*, 303: 125400.
- Akal, C., Yetişemiyen, A. (2020). Probiyotik ve prebiyotik tüketiminin laktoz intoleransı üzerine etkileri. *Gıda / The Journal of Food*, 45(2): 380–389.
- Akın, M.S., Akın, M.B. (2016). Elma lifi ile zenginleştirilen set tipi yoğurtların bazı özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2): 94-104.
- Amadarshanie, D.B.T., Gunathilaka, T.L., Silva, R.M., Navaratne, S.B., Peiris, L.D.C. (2022). Functional and antiglycation properties of cow milk set yogurt enriched with *Nyctanthes arbor-tristis* L. flower extract. *LWT*, 154: 112910.
- Anonim, (2022). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No:2022/44). Resmi Gazete, Sayı: 32029. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm>.
- Arab, M., Yousefi, M., Khanniri, E., Azari, M., Ghasemzadeh-Mohammadi, V., Mollakhalili-Meybodi, N. (2022). A comprehensive review on yogurt syneresis: effect of processing conditions and added additives. *Journal of Food Science and Technology*, 60: 1656–1665.
- Atamer, M., Sezgin, E. (1986). Yoğurtlarda kurumadde arttırımının pıhtının fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 11(6): 327–331.
- Atasever, M. (2004). Yoğurt üretiminde bazı stabilizörlerin kullanımı. *YYÜ Vet Fak Derg*, 15(1–2): 1–4.
- Ay, C., Şanlı, T. (2018). Süt ürünlerinde biyoaktif peptitlerin oluşumu ve fonksiyonel özellikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1): 115–120.

- Bakırcı, İ., Tohma, G.Ş., Yüksel, A.K. (2015). Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 13(2): 127–134.
- Demirkaya, A.K., Ceylan, Z.G. (2013). Bilecik'te tüketime sunulan yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(3): 202–209.
- Düşünen, Ö. (2018). İnek Sütü İlavesinin Manda Yoğurdunun Reolojik Özelliklerine Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 84 s.
- Erkaya, T., Şengül, M. (2015). Bioactivity of water soluble extracts and some characteristics of white cheese during the ripening period as effected by packaging type and probiotic adjunct cultures. *Journal of Dairy Research*, 82(1): 47–55.
- Erkaya Kotan, T. (2020). In vitro angiotensin converting enzyme (ACE)-inhibitory and antioxidant activity of probiotic yogurt incorporated with orange fibre during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 57(6): 2343–2353.
- Ertem, H., Çakmakçı, S. (2019). Erzurum'da açık olarak satışa sunulan çiğ sütlerin bazı hileler ve kalite özellikleri yönünden araştırılması - ilgili tebliğ ile karşılaştırılması. *Atatürk üniv. Ziraat fak. Derg.*, 50 (3): 255-262.
- Gharehcheshmeh, M.H., Arianfar, A., Mahdian, E., Naji-Tabasi, S. (2021) Production and evaluation of sweet almond and sesame oil nanoemulsion and their effects on physico-chemical, rheological and microbial characteristics of enriched yogurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 1270–1280.
- Göçer, E.M.Ç., Ergin, F., Arslan, A.A., Küçükçetin, A. (2016). Farklı inkübasyon sıcaklığı ile inkübasyon sonlandırma pH'sının probiyotik yoğurdun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda* 14(4): 341-350.
- Gürbüz, Z., Erkaya Kotan, T., Şengül, M. (2021). Evaluation of physicochemical, microbiological, texture and microstructure characteristics of set-style yoghurt supplemented with quince seed mucilage powder as a novel natural stabiliser. *International Dairy Journal*, 114: 104938.
- Gürsoy, O., Kayaardı, S. (1999). Diyet acidophilus bifidus yoğurdu ve diyet yoğurdun kalite niteliklerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2–3): 1109–1114.
- Habibi Najafi, M.B., Fatemizadeh, S.S., Tavakoli, M. (2019). Release of Proteolysis Products with ACE-Inhibitory and Antioxidant Activities in Probiotic Yogurt Containing Different Levels of Fat and Prebiotics. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25(1): 367–377.
- Hematyar, N., Samarin, A.M., Poorazarang, H., Elhamirad, A.H. (2012). Effect of gums on yogurt characteristics. *World Applied Sciences Journal*, 20(5): 661–665.
- Hu, L., Ding, F., Liu, W. (2022). Effect of enzymatic-ultrasonic hydrolyzed chitoooligosaccharide on rheology of gelatin incorporated yogurt and 3D printing. *Food Hydrocolloids*, 132(2): 107851.
- Işık, S., Işık H., Aytemiş, Z., Güner, S., Aksoy, A., Çetin, B., Topalcengiz, Z. (2022). Mikroyeşillikler: besinsel içeriği, sağlık üzerine etkisi, üretimi ve gıda güvenliği. *Gıda / The Journal of Food*, 47(4): 630-649, doi: 10.15237/gıda.GD22041
- Kalyas, A., Ürkek, B. (2020). Siyah üzüm çekirdeği tozunun yoğurtların bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2): 353–362.
- Karacaoğlu, Ş., Özdemir, S. (2021). Mahalli ve ulusal düzeyde üretilerek erzurum piyasasında tüketime sunulan yoğurtların bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal açısından karşılaştırılması. *European Journal of Science and Technology*, (22): 381–392.
- Kızılaslan, N., Solak, İ. (2016). Yoğurt ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 12: 52–59.
- Koçak, A., Şanlı, T. (2016). Süt proteini kaynaklı ACE-inhibitör peptitleri: Oluşumu, etki mekanizması ve biyoyararlılıkları. *Gıda / The Journal of Food*, 41(4): 275–282.

- Koçak, E. (2004). Katı-su karışımlarının reolojik davranışlarının incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 141 s.
- Korhonen, H. (2009). Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of Functional Foods*, 1(2): 177–187.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1): 265–275.
- Metin, M. (2012). *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri*. Ege Üniversitesi Yayınları, Altıncı baskı, Bornova-İzmir, Türkiye, 439 s. ISBN: 9789759784102.
- Mohsin, A.Z., Marzlan, A.A., Muhiaddin, B.J., Wai, L.K., Mohammed, N.K., Meor Hussin, A.S. (2022). Physicochemical characteristics, GABA content, antimicrobial and antioxidant capacities of yogurt from Murrah buffalo milk with different fat contents. *Food Bioscience*, 49(August): 101949.
- Özdemir, T., Özcan, T. (2019) .Süt ürünlerinin mikro yapısının oluşumunda süt proteinlerinin önemi. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludağ University*, 33(2): 355–374.
- Özer, B. (2006). *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. SIDAS, İzmir, Türkiye, 495 s. ISBN: 9759944566004.
- Özer, B.H., Robinson, R.K. (1999). The Behaviour of Starter Cultures in Concentrated Yoghurt (Labneh) Produced by Different Techniques. *Lwt*, 32(7): 391–395.
- Pekçalışkan E.Y., İnal, C., Yerlikaya, O., Kesenkaş, E., Uysal, H.R. (2023). İnülin ve *Bifidobacterium* spp. kullanılarak üretilen sinbiyotik yoğurtların bazı özellikleri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 60(2): 303-316
- Rubak, Y.T., Nuraida, L., Iswantini, D., Prangdimurti, E. (2019). Production of antihypertensive bioactive peptides in fermented food by lactic acid bacteria – a review *Carpathian Journal of Food Science and Technology, Special issue*, 11(4): 29-44, <https://doi.org/10.34302/2019.11.4.3>.
- Rutella, G.S., Tagliazucchi, D., Solieri, L. (2016). Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insights for developing a bi-functional dairy food. *Food Microbiology*, 60: 54–61.
- Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A.A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7): 1291–1297.
- Savaiano, D.A., Hutkins, R.W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5): 599–614, doi: 10.1093/nutrit/nuaa013.
- Shakerian, M., Razavi, S.H., Ziai, S.A., Khodaiyan, F., Yarmand, M.S., Moayedi, A. (2015). Proteolytic and ACE-inhibitory activities of probiotic yogurt containing non-viable bacteria as affected by different levels of fat, inulin and starter culture. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4): 2428–2433.
- Shori, A.B., Baba, A.S., Chuah, P.F. (2013). The effects of fish collagen on the proteolysis of milk proteins, ACE inhibitory activity and sensory evaluation of plain- and *Allium sativum*-yogurt. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44(5): 701–706.
- Shori, A.B., Ling, Y.H., Baba, A.S. (2021). Effects of *Lycium barbarum* and fish collagen in cheese on the proteolytic degradation profile with anti-ACE activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3): e15239.
- Shori, A.B., Ming, K.S., Baba, A.S. (2021). The effects of *Lycium barbarum* water extract and fish collagen on milk proteolysis and in vitro angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of yogurt. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 68(2): 221–229.
- Silva, H.L.A., Balthazar, C.F., Esmerino, E.A. ... (2017). Effect of sodium reduction and flavor enhancer addition on probiotic Prato cheese processing. *Food Research International*, 99(May): 247–255.
- Silva, H.L.A., Balthazar, C.F., Esmerino, E.A., ... (2018). Partial substitution of NaCl by KCl and

- addition of flavor enhancers on probiotic Prato cheese: A study covering manufacturing, ripening and storage time. *Food Chemistry*, 248: 192–200
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, C., Corrieu, G. (2004). The Relative Effect of Milk Base, Starter, and Process on Yogurt Texture: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2): 113–137.
- Speck, M.L. (1976). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. American Public Health Association, New York, USA, 750 s. ISBN: 978-0-87553-022-2.
- Steffe, J.F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Freeman Press, East Lansing, MI, USA, 418 s. ISBN: 0-9632036-1-4.
- Su, N., Ren, L., Ye, H., Sui, Y., Li, J., Ye, M. (2017). Antioxidant activity and flavor compounds of hickory yogurt. *International Journal of Food Properties*, 20(8): 1894–1903.
- Tavşanlı, H., Gökmen, M., Önen, A. (2020). Balıkesir ilinde semt pazarlarında satışa sunulan yoğurtların fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 318–326.
- Unal, G., Akalın, A.S. (2012). Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Dairy Science and Technology*, 92(6): 627–639.
- Ünal, F.N., Kalyas, A., Gürbüz-Kaçan, Z., Şengül, M., Ürkek, B. (2020). Ticari Kefirlerin Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Gıda / The Journal of Food*, 45(3): 555–563.
- Wang, J., Liu, B., Qi, Y., ... (2022). Impact of *Auricularia cornea* var. *Li* polysaccharides on the physicochemical, textural, flavor, and antioxidant properties of set yogurt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 206: 148–158.
- Wulandani, B.R.D., Marsono, Y., Utami, T., Rahayu, E.S. (2018). Potency of yogurt as angiotensin converting enzyme inhibitor with addition of *Ficus glomerata* Roxb fruit extract. *International Food Research Journal*, 25(3): 1153–1158.