



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY LİFİNDEN ÇAY EKSTRAKTI ÜRETİMİNDE
TANNAZ KULLANIMININ DEM RENGİ VE GÖRÜNÜŞ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**ELİF YÜKSEKYALÇIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ADANA 2023



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKES BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY LİFİNDEN ÇAY EKSTRAKTI ÜRETİMİNDE
TANNAZ KULLANIMININ DEM RENGİ VE GÖRÜNÜŞ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**ELİF YÜKSEKYALÇIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
PROF. DR. OSMAN KOLA**

ADANA, 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmada;

Bu tezin özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışa uygun olarak elde edilerek sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, tez kapsamında bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde bu çalışmaya özgün olmayan tüm veri ve bilgiler için bilimsel etik ve gelenek çerçevesinde kaynak gösterdiğimi; bu kaynakları da kaynakçada belirttiğimi beyan ederim. Çalışmam ile ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanması halinde tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

16/01/2023

Elif YÜKSEKYALÇIN

ÖZET

ÇAY LİFİNDEN ÇAY EKSTRAKTI ÜRETİMİNDE TANNAZ KULLANIMININ DEM RENGİ VE GÖRÜNÜŞ ÜZERİNE ETKİLERİ

Elif YÜKSEKİYALÇIN

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman KOLA

Ocak 2023, 136 sayfa

Bu tez çalışmasında; çay lifinden çay lifi ekstraktı üretiminde tannaz kullanımının dem rengi ve görünüş üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, 1:50 çay lifi:su oranında 95°C sıcaklıkta 15 dakika süreyle demlenerek elde edilen çay lifi ekstraktlarında tannaz ticari enzim preparatı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda (%0.005, %0.25 ve %0.5), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH aralıklarında (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C) tannaz uygulanmasının çay lifi ekstraktlarının krema miktarı, suda çözünür kuru madde (SÇKM), bulanıklık (NTU), transmittans, toplam renk, ve renk değerleri (L^* , a^* , b^* , Chroma ve *hue*) üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktlarının krema miktarlarının %0.002-0.085, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarlarının 0.52-1.57 °briks, bulanıklık değerlerinin 3.11-4.61 NTU, transmittans değerlerinin %70.88-96.21 ve toplam renk değerlerinin %0.61-2.79 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, renk değerlerinin L^* , a^* , b^* , chroma ve hue değerlerinin ise sırasıyla 41.38-86.68, 17.14-28.43, 59.36-81.39, 69.91-88.51 ve 63.70-82.63 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çay lifi ekstraktı üretiminde tannaz (5000 U/g) kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar, en uygun işlemin ekstratın tannaz ile % 0.5 enzim konsantrasyonunda, pH 5 ve 35 °C’de 75 dakika süreyle inkübasyonu olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: çay, enzim, lif, polifenol, tannaz

ABSTRACT

EFFECTS OF TANNASE ON THE COLOR AND APPAEARANCE OF TEA EXTRACTS PREPARED FROM TEA FIBERS

Elif YÜKSEKYALÇIN

M.Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Osman KOLA

January 2023, 136 pages

The effects of tannase on the color and appearance of tea extracts prepared from tea fibers were investigated in this thesis. Tea fiber extracts were obtained by brewing fibers with water for 15 minutes at 95°C at a tea fiber:water ratio of 1:50. The extracts were treated with commercial tannase at various concentrations (0.005%, 0.25% and 0.5%) for different time periods (30, 75 and 120 minutes) at different pH values (pH 2, pH 5 and pH 8) and temperatures (10°C, 20°C, 35°C, 50°C and 60°C). The effects of enzyme concentration, incubation period, pH and temperature on the amounts of tea cream formation in the extracts, water soluble solid contents, turbidity, transmittance, total color and color (L*, a*, b*, chroma and hue) values of the extracts were determined.

The amounts of tea cream formation in tannase-treated tea fiber extracts were found to be between 0.002 and 0.085% while the water soluble solid contents were determined to be in the range of 0.52-1.57 °brix. Turbidity, transmittance and total color values of tannase-treated extracts were found to be in the ranges of 3.11-4.61 NTU, 70.88-96.21% and 0.61-2.79%, respectively. Additionally L*, a*, b*, chroma and hue values of enzyme-treated extracts were determined to be in the ranges of 41.38-86.68, 17.14-28.43, 59.36-81.39, 69.91-88.51 and 63.70-82.63, respectively.

The results obtained in the experiments performed on the production of tea fiber extracts by using tannase (5000 U/g) showed that the most proper enzyme treatment was the incubation of extract with tannase for 75 minutes at pH 5 and 35°C at an enzyme concentration of 0.5%.

Keywords: tea, enzyme, fiber, polyphenol, tannase

TEŞEKKÜR

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerinden ve yüksek lisans danışmanlığımı yapan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Osman KOLA'ya bu süreçte desteğe ihtiyacım olduğu her an birebir yardımlarını ve yol göstericiliğini esirgmeden paylaşımından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Sertaç ÖZER'e, Dr. Öğr. Üyesi Ali Emrah ÇETİN'e, Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA'ya ve bu süreçte sürekli yanımda olan Araş. Gör. Erva PARILDI'ya çalışmalarım esnasında manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Ayten YÜKSEKYALÇIN ve Babam Halis YÜKSEKYALÇIN, abim Bora YÜKSEKYALÇIN'a ve her türlü desteği ile her zaman yanımda olan sevgili eşim Üstünay ARTUK'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca çalıştığım iş yerinde eğitime olan desteği ve bu süreçte gösterdiği anlayışından dolayı Sayın Direktör Rıza MECİT'e teşekkürü borç bilir ve şükranlarımı sunarım.

Elif YÜKSEKYALÇIN

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY SAYFASI	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANNAMESİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR	xv
SEMBOLLER	xvi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Çay ve Çay Çeşitleri	4
2.2. Siyah Çay Üretimi	8
2.3. Çay Lifi	14
2.4. Çay Ekstraktı Üretimi	16
2.5. Tannaz ve Özellikleri	20
2.5.1. Tannazın Yapısı	22
2.5.2. Tannazın Etki Mekanizması	23
2.5.3. Tannazın Kaynakları	26
2.5.4. Tannaz Uygulamaları	27
2.6. Tannazın Çay Ekstraktı Üretiminde Kullanılması	27
2.6.1. Çay Ekstraksiyonu Öncesi Tannazın Siyah Çaya Uygulanması	29
2.6.2. Çay Ekstraksiyonu Sırasında Tannaz Uygulanması	31
2.6.3. Çay Ekstraktına Tannaz Uygulanması	33
3. MATERYAL VE METOD	37
3.1. Materyal	37
3.2. Metot	38
3.2.1. Çay Lifinden Ekstrakt Üretimi	38
3.2.2. Analiz Metodları	41
3.2.2.1. Çay Kreması Miktarı	41

3.2.2.2.	Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı	41
3.2.2.3.	Bulanıklık Değeri	42
3.2.2.4.	Transmittans Değeri	42
3.2.2.5.	Toplam Renk Değeri	43
3.2.2.6.	Renk Değerleri (L*, a*, b*, Chroma ve Hue)	43
3.3.	İstatistiksel Analiz	44
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	45
4.1.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Krema Miktarı Üzerine Etkisi	45
4.2.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının SÇKM Miktarı Üzerine Etkisi	54
4.3.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Bulanıklık Değeri Üzerine Etkisi	62
4.4.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Transmittans Değeri Üzerine Etkisi	70
4.5.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Toplam Renk Değeri Üzerine Etkisi	77
4.6.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Renk Değerleri Üzerine Etkisi	84
4.6.1.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının L* Değeri Üzerine Etkisi	84
4.6.2.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının a* Değeri Üzerine Etkisi	92
4.6.3.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının b* Değeri Üzerine Etkisi	100
4.6.4.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Chroma Değeri Üzerine Etkisi	108
4.6.5.	Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Hue Değeri Üzerine Etkisi	114
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	124
	KAYNAKLAR	127
	ÖZGEÇMİŞ	
	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Çay bitkisi (<i>Camelia sinensis</i>)	4
Şekil 2.2. Dünya çay üretiminde önemli ülkeler ve payları (%)	6
Şekil 2.3. Dünya çay ihracatında ve ithalatında ülkelerin payı (% , 2021)	6
Şekil 2.4. Türkiye çay üretiminde en büyük paya sahip iller	7
Şekil 2.5. Türkiye'nin ülkelere göre çay ihracatı ve ithalatı (% , 2021/22)	7
Şekil 2.6. Siyah çay üretim prosesi	8
Şekil 2.7. Çay filizinin bileşiminde yer alan başlıca primer fenolik bileşikler.....	12
Şekil 2.8. Elektrostatik alan oluşturarak çaydan lif ve toz alma	15
Şekil 2.9. Çay ekstraktı ve konsantresi	16
Şekil 2.10. Tannazın optimum çalışma koşulları	21
Şekil 2.11. Tannazın etki mekanizması	21
Şekil 2.12. <i>Lactobacillus plantarum</i> kaynaklı tannazın kristal yapısı	22
Şekil 2.13. Tannazın, gallat yapısındaki kateşinleri kateşin ve gallik aside hidrolizi	23
Şekil 2.14. Tannazın çaydaki bulanıklık üzerine etki mekanizması	24
Şekil 2.15. Farklı çay çeşitlerinde tannaz uygulamasının bulanıklık üzerine etkisi	24
Şekil 2.16. Çözünmez yapıdaki EGCG'nin çözünür EGC'ye dönüşümü	25
Şekil 2.17. Gallatlı kateşinlerin (acı) gallat yapısında olmayan kateşinlere (daha az acı) ve gallik aside hidrolizi	25
Şekil 2.18. Gallatlı theaflavinlerin (buruk) gallate yapısında olmayan theaflavin (daha az buruk) ve gallik aside hidrolizi	26
Şekil 3.1. Çay lifi ve muhafazası	37
Şekil 3.2. Tannaz enzim preparatı	38
Şekil 3.3. Çay lifinin ısıtıcılı manyetik karıştırıcılı ile demlenmesi	39
Şekil 3.4. Çay lifinin ekstraksiyonu (95°C, 15 dakika)	39
Şekil 3.5. Çay lifi ekstraktlarının pH'larının ayarlaması	40
Şekil 3.6. Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktlarının bekletildiği inkübatör	40
Şekil 3.7. Centurion K241R pro-research marka santrifüj cihazı	41
Şekil 3.8. Atago PAL-BX/RI model dijital refraktometre	42
Şekil 3.9. WTW 430 IR/T LS Flex model bulanıklık ölçer	42
Şekil 3.10. Rayleigh marka VIS-723G model spektrofotometre cihazı	43

Şekil 3.11. Konica Minolta Spectrophotometer CM-5 model renk ölçüm cihazı	44
Şekil 4.1. Çay lifinden elde edilen ekstraktların 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim	49
Şekil 4.2. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim	50
Şekil 4.3. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim	51
Şekil 4.4. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim	52
Şekil 4.5. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim	53
Şekil 4.6. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim	57
Şekil 4.7. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim	58
Şekil 4.8. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim	59
Şekil 4.9. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim	60
Şekil 4.10. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim	61
Şekil 4.11. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim	65
Şekil 4.12. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim	66
Şekil 4.13. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim	67
Şekil 4.14. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim	68
Şekil 4.15. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim	69
Şekil 4.16. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim	72

Şekil 4.17. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim	73
Şekil 4.18. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim	74
Şekil 4.19. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim	75
Şekil 4.20. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim	76
Şekil 4.21. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim	79
Şekil 4.22. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim	80
Şekil 4.23. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim	81
Şekil 4.24. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim	82
Şekil 4.25. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim	83
Şekil 4.26. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim	87
Şekil 4.27. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim	88
Şekil 4.28. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim	89
Şekil 4.29. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim	90
Şekil 4.30. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim	91
Şekil 4.31. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de Süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim	95
Şekil 4.32. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim	96

Şekil 4.33. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna Göre a* değerlerindeki değişim	97
Şekil 4.34. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim	98
Şekil 4.35. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim	99
Şekil 4.36. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim	103
Şekil 4.37. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim	104
Şekil 4.38. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim	105
Şekil 4.39. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim	106
Şekil 4.40. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim	107
Şekil 4.41. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim	108
Şekil 4.42. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim	110
Şekil 4.43. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim	111
Şekil 4.44. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim	112
Şekil 4.45. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim	113
Şekil 4.46. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim	116
Şekil 4.47. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim	117
Şekil 4.48. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim	118

Şekil 4.49. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim	119
Şekil 4.50. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim	120



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Çay bitkisinin (<i>camellia sinensis</i>) sınıflandırılması	4
Tablo 2.2. Dünya çay üretimi verileri (bin ton)	6
Tablo 2.3. Türkiye çay verileri	7
Tablo 2.4. Çay filizi, siyah çay ve çay deminin başlıca bileşenleri (%)	10
Tablo 2.5. Siyah çay ve yeşil çayın fiziksel ve kimyasal bileşimi (% g/g km)	12
Tablo 4.1. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının krema miktarı (%) üzerine etkisi..	46
Tablo 4.2. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının SÇKM miktarı (°briks) üzerine etkisi	55
Tablo 4.3. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının bulanıklık değeri (NTU) üzerine etkisi	63
Tablo 4.4. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının transmittans değeri (%T) üzerine etkisi	71
Tablo 4.5. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının toplam renk değeri (%) üzerine etkisi	78
Tablo 4.6. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının L* değeri üzerine etkisi	85
Tablo 4.7. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının a* değeri üzerine etkisi	93
Tablo 4.8. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının b* değeri üzerine etkisi	101
Tablo 4.9. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının chroma değeri üzerine etkisi.....	109
Tablo 4.10. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının hue değeri üzerine etkisi	115
Tablo 4.11. Değişkenlere bağlı korelasyon tablosu	121

KISALTMALAR

C	: Kateşin
EC	: Epikateşin
EK	: Enzim konsantrasyonu
EGC	: Epigallokateşin
EGCG	: Epigallokateşin gallat
GA	: Gallik asit
CG	: Kateşin gallat
GC	: Gallokateşin
GCG	: Gallokateşin gallat
KM	: Kuru Madde
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
PPO	: Polifenol oksidaz
PE	: Polietilen
RTD	: İçime hazır içecek (Ready-To-Drink)
SÇKM	: Suda Çözünebilir Kuru Madde
TH	: Theaflavin
TR	: Thearubigin

SEMBOLLER

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
mm	: Milimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
m ²	: Metrekare
mL	: Mililitre
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
T	: Transmittans
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
µm	: Mikrometre
U	: Birim

1. GİRİŞ

Dünya’da, hemen hemen tüm ülkelerde, yaygın biçimde kullanılan ve zevkle tüketilen, uyarıcı içerikli başlıca maddeler; alkollü içkiler, tütün, kakao, kahve ve çaydır. Çay bu uyarıcı nitelikli maddeler içinde en zararsız olarak kabul edilmektedir. Bileşimindeki yararlı maddelerin yanı sıra, şeker ve süt gibi besleyici maddelerle birlikte içilebilme, ucuz olma ve kolay hazırlanabilme özelliklerine sahip olan çay, en fazla tüketilen içeceklerden biridir (Altan, 1997).

Çay adı verilen içecek; aynı adı taşıyan bitkinin yeni sürgünlerindeki körpe uç yapraklarının toplanarak teknolojik işlemlere tabi tutulması ile elde edilen ürünün, sıcak suyla muamele edilerek hazırlanan ekstraktıdır. Çay yapraklarına uygulanan işlemlere ve bu işlemler sonucu meydana gelen biyokimyasal değişimlere bağlı olarak elde edilen ürünün nitelikleri farklılık gösterir (Altan, 1997).

Günümüzde; beyaz çay, siyah çay (fermente çay), yeşil çay (fermente olmamış çay) ve Oolong çayı (yarı fermente çay) olmak üzere ticari amaçla üretimi yapılan birbirinden farklı başlıca dört tip çay vardır (Altan, 1997; Horuz ve Korkmaz, 2006).

Kurutma ünitesinden çıkmış olan çay yapraklarının içindeki istenmeyen lif ve tozlar üretilen kuru çayın kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu istenmeyen durum karşısında, üretilmek istenen kuru çayın kalitesini arttırmak amacıyla çay üretim bandına elektrostatik çöp ve lif alıcılar yerleştirilmiştir. Siyah çayın üretim aşamasında liflerden ve tozlardan ayrıştırılması çok önemlidir. Gerek fırın çıkışında gerekse tasnifin çeşitli aşamalarında kurutulmuş çaylar lif tutucularından geçirilerek lif ve çay çöplerinden ayrılırlar (MEGEP, 2011a).

Çayın kendisinden, çay lifinden ve düşük kaliteli çaylardan elde edilen çay ekstraktı, çayın duyuusal ve biyoaktif özelliklerinden sorumlu olan kateşinler ve kafein ile birlikte polisakkaritler, proteinler ve mineral maddelerin de bulunduğu kompleks bir yapıya sahiptir. Soğuk suda çözünmeyen maddeler “çay kreması” olarak nitelendirilmektedir. Çay kateşinleri ve siyah çayda kateşinlerin oksidasyon ürünleri (TF ve TR), kafein, protein, pektin ve metal iyonları ile etkileşime girdiğinde, çöken büyük kompleks yapılar (çay kreması) oluşmaktadır. Özellikle kateşinlerin gallatlanmış formlarının krema oluşumunda önemli bileşenler olduğu

bildirilmektedir. Ekstrakt soğutulduğunda büyük boyuttaki bu oluşum gözle de görülebilir bir bulanıklık olarak algılanmakta ve soğuk çayda renk, parlaklık ve lezzet açısından tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca soğutulmuş çayda gözlenen çay kreması oluşumu çayın duyuşsal özelliklerinin yanı sıra ürünün sağlık üzerine olumlu etki gösteren potansiyelini de olumsuz yönde etkilemektedir (Balcı-Torun ve ark., 2021).

Çayda bulunan ve çay tanenleri olarak adlandırılan thearubigin ve theaflavinin kafein ile oluşturdukları kafein-tannat kompleksleri, sıcak suda çözünür; fakat soğuk suda, özellikle sertlik derecesi yüksek sularda çözünmeyerek bulanık bir görünüme neden olurlar. Soğukta gerçekleşen bu çökeltiyeye “krem”, bulanma ve çökelti oluşması olayına da “kremleşme” adı verilir. Kremleşmeyi önlemenin en kestirme yolu aroması ayrılan ekstraktı yeterince soğutarak krem oluşturmak ve takiben süzerek kremi ekstraktan ayırmaktır. Ancak, bu takdirde, çaya karakteristik tadını veren kafein ve tanen bileşiklerinin büyük ölçüde ayrılması sonucu, ürün tadının zayıflaması ve yavanlaşması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, kremleştirme sıcaklığının dolayısıyla kremleştirilecek madde miktarının belirlenmesine özen göstermek gerekir (Altan, 1997).

Son yıllarda, ekstraktta bulunan tanenlerin bir kısmının papain ve jelatin gibi proteinler ya da poliamidlerle kompleks oluşturarak uzaklaştırılması, kremin tannaz preparatları ile muamele edilerek tanenlerin bir kısmının enzimatik parçalanmaya uğratılması ya da kremin alkali hidroksitlerle muamele edilerek soğuk suda çözünür hale getirilmesi, ekstraktın kalsiyum tuzları (örneğin CaCl_2) ile muamele edilerek krem oluşturacak bir kısım komplekslerin ortamdan uzaklaştırılması gibi yöntemlerin uygulanması suretiyle, kremleşmenin, ürünün karakteristik tadını zayıflatmayacak şekilde önlenmesi üzerinde durulmaktadır (Altan, 1997).

Tannaz (tanen açilhidrolaz, EC 3.1.1.20), gallat yapısına sahip kateşinleri kateşinler ve gallik asite hidrolize ederek çayda bulanıklığı giderir, verim artışı sağlar ve tadı iyileştirir. Bulanıklık kafein ve gallatlı proteinlerin oluşturduğu yapıdır ve tannaz, çayda gallatlanmış polifenollerin kafeinle kompleks oluşumunu önleyerek çay polifenollerine ayrıştırmakta, böylece bulanıklık önlenmekte ve daha az acılığa ve burukluğa sahip bir tat oluşturmaktadır (Kikkoman, 2022).

Bu tez çalışmasında; çay lifinden çay lifi ekstraktı üretiminde tannaz kullanımının dem rengi ve görünüş üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, çay lifi kullanılarak elde edilen çay lifi

ekstraktlarında tannaz ticari enzim preparatı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda (%0.005, %0.25 ve %0.5), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH aralıklarında (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C) tannaz uygulanmasının çay lifi ekstraktlarının krema miktarı, suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam renk, transmittans, bulanıklık (NTU) ve renk değerleri (L*, a*, b*, Chroma ve hue) üzerindeki etkileri belirlenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Çay ve Çay Çeşitleri

Dünyada sudan sonra tüketilen ikinci içecek olan Çay (*Camellia sinensis*), çaygiller (*Theaceae*) familyasından nemli iklimlerde yetişen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretmekte kullanılan endüstriyel tarım bitkisidir. Çay (*Camellia sinensis*) Theacea familyasından *Camellia* cinsine ait yaprak dökmeyen ağaçsı bir bitkidir. Üç farklı şekilde elde edilen çay; yeşil çay, siyah çay ve oolong çay olarak bilinmektedir. Bunların yanı sıra, *Camellia sinensis* bitkisinin bazı varyetelerinin tomurcuk ve genç yapraklarından yapılan özel bir çay grubu olan beyaz çay da vardır (ÇAYKUR, 2019). Çay bitkisinin şekli Şekil 2.1.'de, sınıflandırılması ise Tablo 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Çay bitkisi (*Camellia sinensis*)

Tablo 2.1. Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) sınıflandırılması

Sınıflandırma	
Tür	C. L - camellia
Aile	Theaceae
Takım	Theales
Alt sınıf	Dilleniidae
Sınıf	Magnoliopsida - Dikotiledonlar
Şube	Magnoliophyta - Çiçekli bitkiler
Alt şube	Spermatophyta - Tohumlu bitkiler

Çay bitkisinin fiziksel özellikleri incelendiğinde, gelişmesine hiçbir müdahale olmadan büyümeye bırakıldığında ağaç görünümü alır. Gelişme yüksekliğine göre farklılıklar gösterebilir. Sıcaklık ve nemin uygun olduğu yerlerde yıl boyu sürgün oluşumunu sürdürebilir. Çay, deniz seviyesinden yüksek yerlerde nemli ortamlarda, uygun sıcaklıkta ve asitli topraklara sahip birçok bölgede yetiştirilebilme potansiyeli olan bir bitkidir (Dufresne ve Farnworth, 2001).

Çay tropikal bölgelerde ve iklim bakımından bol yağışlı ve sıcak alanlarda yetişmektedir. Bitkinin normal gelişebilmesi için toplam yıllık yağışın 2000 mm'den az olmaması ve aylara göre yağış dağılımının düzenli bulunması gerekmektedir. Çay tarımında yetiştiricilik, genel olarak tohum ve çelikle çoğaltılan fidanlarla yapılmaktadır (ÇAYKUR, 2019).

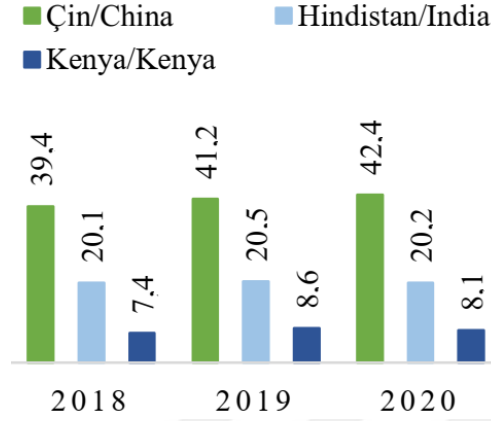
Anavatanı kimilerine göre Çin, kimilerine göre Hindistan olan çay bitkisinin milattan yaklaşık 2700 yıl önce Çin'de yetiştirildiği öne sürülmektedir. Önceleri ilaç olarak kullanılan çay bitkisinin sanayisinin ilk kez Çin'de geliştirilmesi ve oradan dünyaya yayılması, çayın anavatanının Çin olması görüşünü güçlendirmektedir (ÇAYKUR, 2019).

Türkiye'de çay alanı ile ilgili ilk atılımlar 1917 yılından sonra gelişme göstermiş olup Karadeniz'e incelemeler yapmak için gönderilen heyet tarafından çay bitkisinin Türkiye topraklarında da yetiştirilmeye uygun olduğu saptanmıştır. Ancak dönemin 1. Dünya savaşına denk gelmesi ve o dönemde gelişen diğer olayların etkisiyle rapor askıya alınmış olup değerlendirilememiştir (Alikılıç, 2016).

Ülkemizde çay yetiştirmeye yönelik ilk girişimler XIX. yüzyıl sonlarında yapılmıştır. Ancak, çayın yetişmesi için gerekli iklim koşulları tam bilinmediğinden, Bursa çevresinde girişilen bu çabalar sonuçsuz kalmıştır. Daha sonra, Rize'nin çay üretimine uygun olduğu belirlenmiş ve eski Ziraat İşleri Genel Müdürlerinden Zihni Derin'in özverili çalışmaları sonucu, Gürcistan'da Batum'dan sağlanan çay tohumu ve fideleri ile 1924 yılında ilk çay fidanlığı kurulmuştur. Ülkemizde çay yetiştiriciliği ve dolayısıyla işlenmiş çay üretimi, özellikle 1940 yılından sonra, hızlı bir gelişme göstermiştir (Altan, 1997).

Dünya yaş çay üretim alanları ve üretiminde önde gelen ülkeler Çin, Hindistan ve Kenya'dır (Gülaç, 2022). Dünya yaş çay üretiminde 2018-2020 yılları arasında en fazla çay üretimi yapan

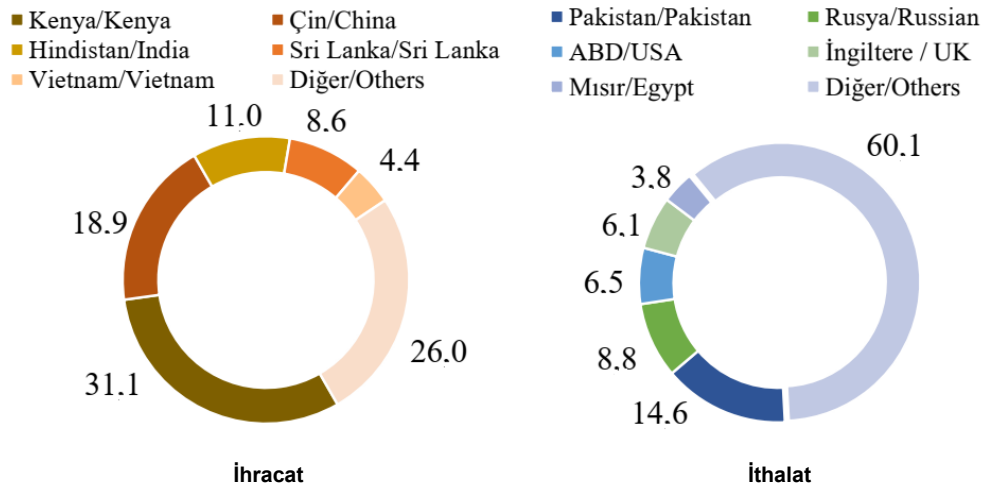
ülkeler ve üretim oranları Şekil 2.2. ve Tablo 2.2.'de, dünya çay ihracatında ve ithalatında ülkelerin payı da Şekil 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Dünya çay üretiminde önemli ülkeler ve payları (%) (Gülaç, 2022)

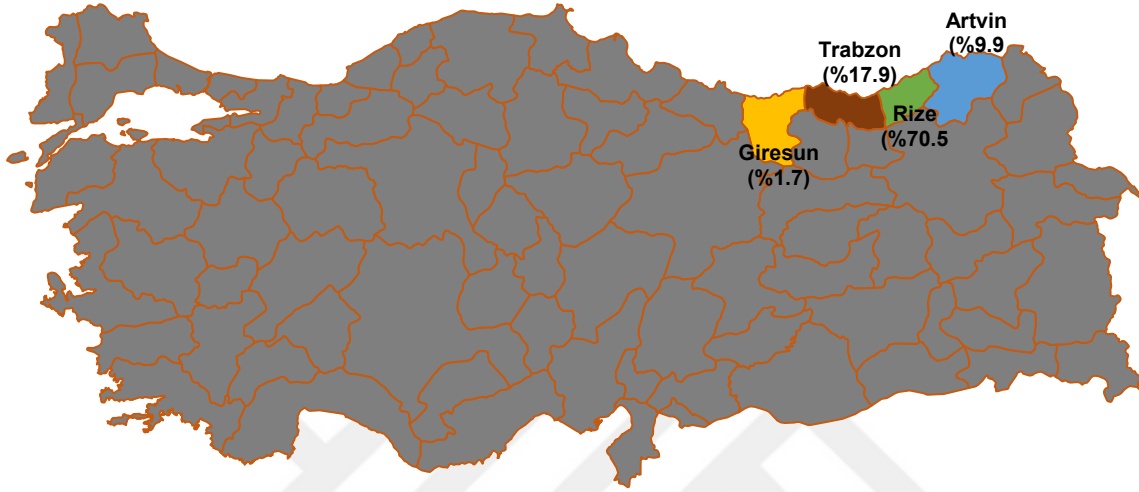
Tablo 2.2. Dünya çay üretimi verileri (bin ton) (TÜİK, 2021; Gülaç, 2022)

YIL	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Alan (1000 da)	3878	4169	4702	4871	5145	5322
Üretim	5762	6122	6313	6665	6777	7038
İthalat	1842	1912	1843	1986	1844	1900
İhracat	2015	2074	2138	2050	2160	2107



Şekil 2.3. Dünya çay ihracatında ve ithalatında ülkelerin payı (% , 2021) (Gülaç, 2022)

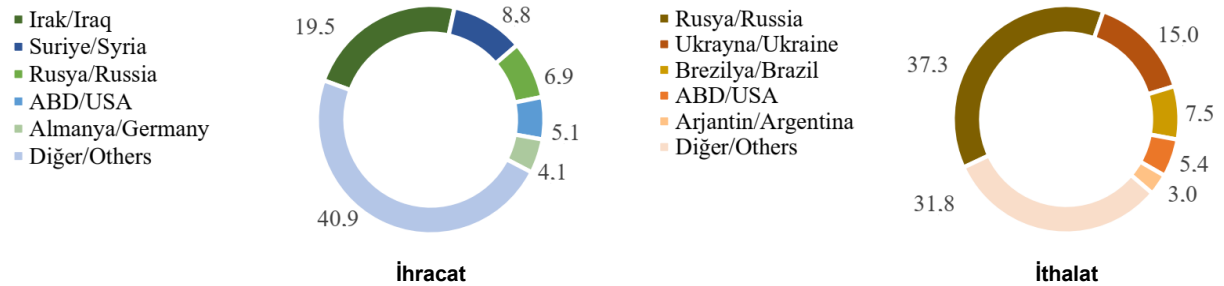
Dünyada, çay tarım alanlarının genişliği bakımından 7. sırada bulunan Türkiye, kuru çay üretiminde 5. sırada yer almaktadır (ÇAYKUR, 2019). Türkiye'nin 2021 yılı yaş çay üretimi 1.5 milyon tondur (Gülaç, 2022) ve ülkemizde en fazla yaş çay üretimi Rize ilinde (Şekil 2.4.) gerçekleştirilmektedir (Gülaç, 2022). Türkiye çay üretim verileri ile Türkiye'nin ülkelere göre çay ihracatı ve ithalatına ait değerler Şekil 2.4.-2.5. ve Tablo 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Türkiye çay üretiminde en büyük paya sahip iller

Tablo 2.3. Türkiye çay verileri (TÜİK, 2021)

YIL	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	Değişim (%)
Alan (1000 da)	762	764	821	781	786	-4.9
Üretim (bin ton)	1328	1350	1300	1480	1407	13.8
Yurt İçi Kullanım (bin ton)	1138	1203	1185	1300	1252	9.7
İthalat (bin ton)	28	80	94	59	74	-37.2
İhracat (bin ton)	19	25	13	17	18	30.8
Yeterlilik Derecesi (%)	99.2	95.4	93.2	96.8	955	3.9
Kişi Başı Tüketim (kg)	14	15	14	15	14.6	8.1



Şekil 2.5. Türkiye'nin ülkelere göre çay ihracatı ve ithalatı (% , 2021/22) (Gülaç, 2022)

2.2. Siyah ay Üretimi

Siyah ay, *Camellia sinensis* türünün farklı çeşitlerinin genç sürgünlerinden tepe tomurcuğu ve onu takip eden taze yapraklar ve taze tek yaprak, taze iki yaprak ve taze üç yapraklı sürgünler ile bunları birbirine bağlayan taze sap kısımlarının soldurma, kıvrırma, parçalama, oksidasyon ve kurutma gibi üretim aşamaları ile işlenmesi sonucu elde edilen üründür (TGK, 2015).

Dünya çapında üretilen çayların %76-78'i siyah çay, %20-22'si yeşil çay ve %2'si de oolong çay'dır (Sajilata ve ark., 2008; Oflluoğlu, 2019).

Siyah ay, yaygın olarak Ortodoks yöntemiyle üretilmektedir (Şekil 2.6.). Bu yöntemde körpe çay sürgünleri soldurma, kıvrırma, oksidasyon ve kurutma işlemlerine tabii tutularak üretim yapılmakta, tasnif edilip paketlenildikten sonra da tüketiciye sunulmaktadır. Soldurma işlemi ile çay yapraklarının su içeriği %70-83'den %62-64'e kadar azaltılmaktadır. Böylece hücre öz suyu daha konsantre hale gelerek yaprağın kıvrırma aşamasında kırılmadan kıvrılmasını sağlamaktadır. Soldurma işleminde siyah çayın kalitesini etkileyen kimyasal ve biyokimyasal değişimler meydana gelmektedir (Oflluoğlu, 2019). Bunlar sırasıyla;

- Aminoasitlerin, basit karbonhidratların ve kafeinin miktarları artar,
- Polifenol oksidaz enziminin aktivitesi en yüksek düzeye ulaşır,
- Pektinaz enzim aktivitesi sonlanır,
- Klorofil parçalanır.



Şekil 2.6. Siyah ay üretim prosesi (Oflluoğlu, 2019)

Siyah ay üretim aşamasının ilk adımı hasattır. Hasat ayların kalitesi açısından oldukça önemlidir. ay hasadı zamanında ve kesim açısından uygun koşullarda yapılmadığında çay kalitesini oldukça etkilemektedir (Elmas ve Gezer, 2018).

Soldurma aşamasında amaç, taze çay yaprağının bileşiminde bulunan %70–80 oranındaki suyun, hava ile buharlaştırma işlemine tabi tutularak %30-40 oranında uzaklaştırılmasıyla çay yaprağının yumuşatılarak kıvrırma işlemine hazır hale getirilmesidir. Soldurma aşaması soldurma teknelerinde yapılmaktadır ve uygun soldurma sıcaklığı 32°C olarak belirlenmiştir (MEGEP, 2011b).

Kıvrırma, solmuş halde olan çay yaprağının farklı çay imalat makinelerinde hücre öz suyunun kıvrılmış yaprak yüzeyine yayılmasını ve havanın oksijeni ile reaksiyona girmesine imkan sağlamaktır. Bu işlemler makinelerde solmuş çay yapraklarının ezilmesi, bükülmesi ve parçalanması gerçekleşmektedir. Kıvrırma işlemi için düz, presli ya da göbekli ve rotervan ya da CTC kıvrırma makineleri kullanılmaktadır.

Yukarıda belirtilen kıvrırma aşamasında, her bir kıvrırma işleminde çayın ince partiküller haline dönüşmesi ve topaklanmanın önlenmesi için havalandırılıp soğutma işlemi yapılmaktadır (MEGEP, 2011c).

Enzimatik oksidasyon ise, kıvrırma işleminde çıkan yaş çay yapraklarının hücre öz suyunda bulunan bileşiklerinin oksidasyona uğrayarak siyah çayda istenilen ölçütte koku, aroma, renk, burukluk oluşması olayıdır. Enzimatik oksidasyon işlemi için ortamdaki nispi rutubet miktarı %90-95 arasında olmalıdır. Sıcaklık hava şartlarına bağlı olarak 21-32°C arasında değişiklik göstermekle birlikte en ideal sıcaklık 24-26°C arasında olmalıdır. Oksidasyon sonunda çay yapraklarının yeşil rengi bakır kırmızısına dönüşmektedir. Bu işlem için çay işletmelerinde sabit ve hareketli oksidasyon sistemleri kullanılmaktadır (Anonim, 2010).

Fermentasyon aşaması siyah çayda istenen renk, burukluk, parlaklık, koku ve aromanın oluşması olayıdır ve çayın kalitesinde büyük payı vardır (Altan, 1997).

Kurutma aşaması siyah çay üretiminde son işlemdir. Kurutmanın amacı, çay yaprağının nem içeriğini belli bir düzeye indirerek, kazanılan özelliklerin ve oluşan maddelerin kaybolmasına

engel olacak ortamı sağlayarak oksidasyonu durdurmak ve siyah çayı depolanabilir duruma getirmektir. Oksidasyon işlemi tamamlandığında çay yapraklarının nem içeriği %40-45'tir ve kurutma işleminden sonra bu oran %3 civarına düşmektedir. Kurutma işlemi 90-100°C'de sıcak hava üflenerek ve hava çıkış sıcaklığı da 50-55°C olacak şekilde gerçekleştirilir. Bu nedenle kurutma aşaması, yeşil çay yaprağının siyah çaya işlenmesinde kritik bir işlem olarak kabul edilmektedir (Anonim 2011b). Çaylar kurutma fırınların dan çıktıktan sonra %2-4 oranındaki nem miktarı ile tasnif ve paketlenme işlemlerine geçilebilir. Bekletilen ve iyi muhafaza edilmeyen çayların nem miktarları arttığından ve elastikiyet kazandıklarından dolayı tasnifleri kolaylıkla yapılamaz ve kısa sürede küflenerek sağlığa zararlı hale gelirler (Wright, 2006). Çayın yetiştirilme, geliştirme ve işleme koşullarının iyileştirilmesi ile çayın besin değeri arttırılabilir ve çay kalitesi açısından damakta hoş bir tat ve aroma bırakılabilir (Yashin, 2015).

Taze çay filizlerinin kimyasal bileşimi çeşide, iklime, toprak koşullarına ve o yılki havaların gidişine bağlı olarak farklılık gösterdiği gibi; elde edilen siyah çayın bileşimi de kullanılan çay filizlerinin bileşimine ve uygulanan teknolojik işlemlere göre değişir (Yurdagel, 1982). Çay filizi, siyah çay ve çay deminin başlıca bileşenleri Tablo 2.4.'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Çay filizi, siyah çay ve çay deminin başlıca bileşenleri (%) (Altan, 1997)

BİLEŞENİN ADI	TAZE FİLİZ	SİYAH ÇAY	ÇAY DEMİ
Proteinler	15-26	15-26	Eser
Serbest Amino Asitler	4-7	4-7	3-4
Karbonhidratlar			
– Basit karbonhidratlar	2-3	2-3	2-3
– Pektik maddeler	6-8	6-8	2-4
– Sellüloz, hemisellüloz ve lignin	16-22	16-22	0
Polifenoller			
– Primer polifenoller	25-30	4-5	3.5-4.5
– Sekonder polifenoller	0	20-25	12-15
Alkaloidler			
– Kafein	2-4.5	2-4.5	1.5-3.5
Mineral Maddeler	4-6	4-6	3-5
Lipitler	3-8	3-8	0
Pigmentler	1.0-1.5	0.5-1.0	Eser
Organik Asitler	0.5	-	-
Uçucu Bileşikler	0.02	-	-

Tablo 2.5.'den görülebileceği gibi, körpe sürgünlerde (taze filiz) %30 gibi büyük bir paya sahip olan primer polifenollerin siyah çaydaki payı oksidasyon sonucu %5'e kadar düşmekte ve

bunun hemen hemen %90'a yakın bir kısmı deme geçmektedir. Yine işleme sırasında meydana gelen oksidasyon sonucu siyah çayın bileşiminde %25'e kadar varan miktarlarda okside polifenoller oluşmakta ve bunun yaklaşık %60'ı çay demine geçmektedir (Altan, 1997).

Çayın kimyasal bileşimi incelendiğinde 1/3'ünün fenolik maddelerden (polifenoller) oluştuğu ve bu polifenollerin biyoaktif bileşenler olduğu bilinmektedir. Polifenoller çoklu hidroksil grubuna bağlı benzen halkalarıdır ve çayda oldukça fazla miktarlarda bulunmaktadır (Sumpio, 2006).

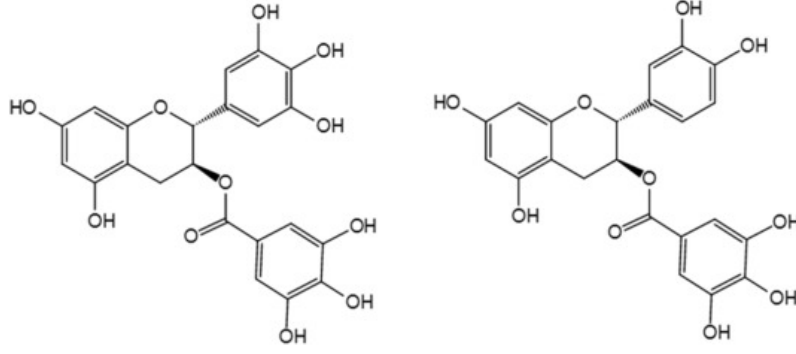
Taze çay filizinin bileşiminde bulunan fenolik maddeler (polifenoller) 4 grupta toplanırlar (Altan, 1997):

1. Flavanoller (kateşinler),
2. Flavonoller ve glikozidleri,
3. Fenolik asitler ve depsidler,
4. Lökoantosiyeninler.

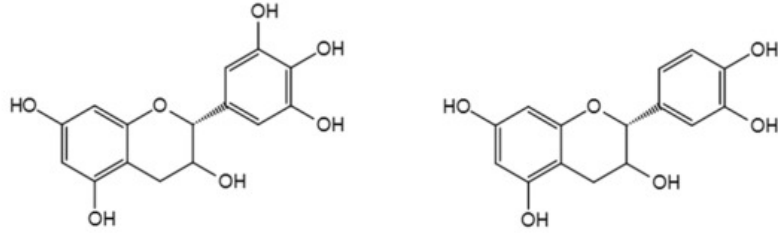
Flavanoller içinde nicelik itibarıyla en önemli olanlar: (-) epikateşin %1-3, (-) epikateşingallat %3-6, (-) epigallokateşin %3-6, (-) epigallokateşingallat %9-13; (+) kateşin %1-2, (+) gallokateşin %3-4'tür (Şekil 2.7.). Flavonol glikozidlerin çaydaki miktarı çok azdır. Çayda bulunan lökoantosiyeninlerin miktarları %2-3 kadar olup siyah çayda fazla miktarda olmaları, kaliteyi olumsuz yönde etkiler (Altan, 1997).

Sekonder (ikincil) fenolik maddeler ise yeşil çay filizinde bulunan primer fenolik maddelerin oksidasyonu ve polimerizasyonu ile oluşur ve çay deminde %12-15 oranında bulunur. Bunlar, taze çay filizinde hiç bulunmamalarına karşın, siyah çayın kurumadde içeriğinin %20-25'ini oluştururlar ve yaklaşık %15'lik bir bölümleri çay demine geçer (Altan, 1997).

Siyah çay, oolong çayı ve yeşil çay üretim şekline bağlı olarak kateşinlerin fermentasyonu polifenol oksidaz ve peroksidaz enzimi tarafından gerçekleştirilir. Fermentasyon aşamasında kateşinler okside olarak theaflavin, theasitrin, theasinen ve thearubigin olmak üzere dimerik ve oligomerik bileşenlere dönüşürler (Thomas, 1985). Siyah ve yeşil çayın bileşimindeki maddeler Tablo 2.5'de verilmiştir.



(-)- Epigallokateşingallat (EGCG) (-)- Epikateşingallat (ECG),



(-)- Epigallokateşin (EGC) (-)- Epikateşin (EC)

Şekil 2.7. Çay filizinin bileşiminde yer alan başlıca primer fenolik bileşikler

Tablo 2.5. Siyah çay ve yeşil çayın fiziksel ve kimyasal bileşimi (% , g/g KM)

Özellikler	Değerler			
	Siyah Çay	Siyah Çay (Süzen Poşet)	Yeşil Çay	Yeşil Çay (Süzen Poşet)
Toplam toz çay miktarı (g/g) (%) (Tanecik Boyutu ≤355 µ)	En çok 14	En çok 35	En çok 14	En çok 35
Okside olmamış parça (g/g) (%)	En çok 8	En çok 8	-	-
Toplam kül (kurumadde) (g/g) (%)	En az 4 – En çok 8	En az 4 – En çok 8	En az 4 – En çok 8	En az 4 – En çok 8
Su ekstraktı (kurumadde) (g/g) (%)	En az 29	En az 32	En az 32	En az 32
Ham sellüloz (kurumadde) (g/g) (%)	En çok 16.5	En çok 15.0	En çok 16.5	En çok 15.0
Suda çözünen külde alkalilik (KOH cinsinden) (kurumadde) (%)	En az 1 – En çok 3	En az 1 – En çok 3	En az 1 – En çok 3	En az 1 – En çok 3
%10'luk hidroklorik asitte çözünmeyen kül (kurumadde) (g/g) (%)	En çok 1	En çok 1	En çok 1	En çok 1
Kafein (kurumadde) (g/g) (%)	En az 1.6	En az 1.6	En az 1.6	En az 1.6
Suda çözünen kül (Toplam küle göre) (g/g) (%)	En az 45	En az 45	En az 45	En az 45
Nem oranı (g/g) (%)	En çok 7	En çok 7	En çok 7	En çok 7
Toplam polifenol (kurumadde) (g/g) (%)	-	-	En az 11	En az 11
Toplam kateşin (kurumadde) (g/g) (%)	-	-	En az 7	En az 7

Siyah ay deminin rengi ve tadı hemen tamamen sekonder fenolik maddelerce oluşturulur. ay deminin niteliğinde aktif olan iki polifenol theflavinler ve thearubiginlerdir (Altan, 1997). Theaflavinler koyu turuncudur ve siyah çaydaki ana pigmenttir. Polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidazın (POD) katalizi altında, yeşil çaydaki dört ana epikateşin, yani EC, ECG, EGC ve EGCG oksitlenir ve sonuç olarak theaflavinlere dimerize olur. Theaflavinler, bir epikateşin ve bir epigallokateşinden oluşur (Li ve ark., 2013).

Theaflavinler: Flavanollerin birleşmesi ve oksidasyonu ile oluşan theaflavinler, siyah çayın kurumadde içeriğinin %0.3-2.0'sini, çay demi kurumaddesinin ise %1.0-6.0'sını oluştururlar. Nötr karakterli olan bu portakal sarısı renkli bileşikler, çay deminin açık portakal rengini ve parlaklığını verirler. Çayda 9 değişik theaflavin bileşiği bulunabilir. Nicelike en fazla olanları theaflavin monogallat ve theaflavin digallat'tır (Altan, 1997).

Thearubiginler: Theaflavinlerin ayda bulunan diğer polifenollerle birleşmesi ve polimerizasyonu sonucu thearubiginler oluşur. Thearubiginler, siyah çay kurumaddesinin %7-17'sini, dem kurumadde içeriğinin ise %30-60'ını oluştururlar. Asidik karakterli, kahverenkli bileşiklerdir. ay deminin koyu rengini oluştururlar. Türk aylarının çok koyu olması thearubiginin fazla olmasından kaynaklanır. Theaflavinlerin etil asetatla çözünmelerine karşılık thearubiginler etil asetatla çözünmezler (Altan, 1997).

ay deminin rengi ve karakteri üzerinde theaflavin ve thearubigin nicelikleri ile bu iki maddenin birbirlerine oranları etkili olur. Eğer ayın theaflavin içeriği fazla, thearubigin miktarı az ise, çay çok açık renkli ve parlak; aksine theaflavin az, thearubigin fazla ise, bu kez de çay çok koyu renkli ve mat görünümlü olur. Çayın buruk tadının oluşumunda her iki grubun da payı vardır. Theaflavinlerin hepsinin suda çözünür nitelikte olmasına karşın, bazı thearubigin bileşikleri suda zor çözünür bir kısmı ise hiç çözünmezler (Altan, 1997).

Çayın kimyasal bileşimine ait çalışmalar genellikle Roberts (1958) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen verilere göre; çaydaki birincil (primer) fenolik maddelerden epigallokateşin ve epigallokateşingallattan, siyah çay üretiminde uygulananan fermentasyon işlemi sonucu (enzimatik oksidasyonla), ikincil (sekonder) fenolik maddelerden olan theaflavin ve thearubigin oluşmaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretimi yapılan aylarda, TF (theaflavin) içeriği (% , KM'de) %0.32-0.65 arasında değişirken, TR (thearubjin) içeriği (% , KM'de) ise

%8.06-14.67 arasında değişmektedir. CTC (Curling, Tearing, Crushing) yöntemi ile üretilen çaylarda ise TF içeriği (% , KM'de) %0.59-0.85 arasında değişirken, TR içeriği (% , KM'de) ise %14.18-20.51 arasında değişmektedir. Çay üretiminde diğer bir yöntem olan Legg-cut yöntemi ile elde edilen çaylarda da TF içeriği (% , KM'de) %0.62-0.97, TR içeriği ise (% , KM'de) ise %9.07-16.60 arasında değişmektedir (Roberts, 1958).

Çay, insan vücudu üzerindeki etkileri ile dünya çapında popüler içeceklerden biridir. Çayların besin değerini belirleyen etmenler yapısındaki antioksidan maddelerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler serbest radikalleri inaktive eden savunma mekanizmaları olarak da bilinmektedir (Wright, 2006). Doğada yetişen çay bitkisi bu özelliklerinden dolayı, çeşitli gıdalara göre, sahip oldukları tat ve aromaları ile de bitkisel kökenli diğer ürünlerden farklıdır. Tarachiwin (2007), proton NMR spektrofotometresi kullanarak çay kalitesinin belirlenmesine yönelik yaptığı bir çalışmada; temel bileşen analizi (PCA) kullanarak, çayın birincil etken tat mekanizmasında acılık ve burukluğun baskın olduğunu saptamıştır (Tarachiwin, 2007).

Demlenmiş bir bardak çayda yaklaşık 50-70 mg arasında kafein bulunmaktadır. *Camelia sinensis*'in bileşimi ve sağlık üzerine yapılan bir çalışmada (Elmas ve Gezer, 2018); çayın bileşimindeki kafeinin, kan akış hızına yardımcı olan beyin fonksiyonlarının gelişmesine katkı sağladığı saptanmıştır (Elmas ve Gezer, 2018). Kafein bileşimi bireylerde termogenezi uyarak yağ okside eder. Çayda bulunan fitokimyasallar kemik sağlığının korunmasında ve güçlenmesinde de etki sağlamaktadır. Ayrıca, çay 50-70 mg potasyum ve 0.10-0.12 mg arasında manganez içerir (Besler ve Fisunoğlu, 2012).

Zhang ve ark. (2019), siyah çay ve oolong çayının insan sağlığı üzerine faydalarını araştırdığı bir çalışmada, çayın antikanser, antikardiyovasküler, antihiperglisemik aktiviteler açısından sağlık üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu ve bu durumun çayın bileşiminde yer alan fenolik maddeler ile ilişkili olduğunu belirtmiştir (Zhang ve ark., 2019).

2.3. Çay Lifi

Kurutma aşamasından çıkan ve havalandırılması yapılan çayların içerisinde bulunan sap ve lif parçacıkları lif tutucular (Şekil 2.8.) yardımıyla ayrıştırma işlemine tabi tutulur. Bu işlemin amacı çayda bulunan ve çayın içerisinde bulunması istenmeyen, çayın kalitesini düşüren ve

görüntüsünü çirkinleştiren yabancı maddelerin (lif, toz, sap gibi) çaydan uzaklaştırılmasıdır (MEGEP, 2011a).



Şekil 2.8. Elektrostatik alan oluşturarak çaydan lif ve toz alma

Değişik özellikteki çaylar, özellikle sap ve lif parçacıklarından oluşan miktarları farklı parçacıkları içerirler. Çay lifi denilen bu yapıda çayın kalitesini ve görüntüsünü etkileyen maddeler bulunur. Bu maddelerin (kırmızı sap ve lifler) çaydan uzaklaştırılması gerekmektedir. Kırmızı sap ve lifler, farklı yöntemler uygulanmak suretiyle çaydan ayrılır. Çay işlemede kurutma aşamasından sonra tambur üzerinden geçen çaylar elektrostatik alan oluşturulması ile sap, lif ve çöplerinden ayrılmaktadır. Bu işlemin amacı çayda bulunan ama çayın içerisinde bulunması istenmeyen, çayın kalitesini düşüren ve görüntüsünü etkileyen yabancı maddelerin (lif, toz, sap gibi) uzaklaştırılarak çayın kalitesini arttırmaktır (MEGEP, 2011a).

Her 100 kg'lık yaş çay, fabrikada işlendikten sonra yaklaşık 22-23 kg tasnif edilmemiş kuru çay elde edilmekte ve bu çayın yaklaşık %13-15'i atık olarak ayrılmaktadır. Nitekim yaş çay hasat normuna, sürgün dönemine ve elde edilen siyah çayın kalitesine bağlı olarak siyah çay fabrikalarında randıman %19-20 arasında değişmektedir. Büyük miktarlarda ortaya çıkan bu çay lifi ve tozu, üretime alınan taze çay yaprağının yaklaşık %4'ünü oluşturmaktadır. Bu atıklarda selüloz oranı çok fazla olup çöp diye adlandırılmaktadır. Ancak bu atıkların piyasada satışa sunulan siyah çaylara kıyasla kateşin, TF ve TR içeriklerinin daha az olmasına bağlı olarak daha düşük miktarda ekstrakt verimi, zayıf duyuusal ve fonksiyonel özellikleri söz

konusudur (Balcı-Torun ve ark., 2021) ve bu nedenle genellikle soğuk çay (ice tea) üretiminde ve çay zenginleştirmede kullanılan çay ekstraktı ve konsantresi üretiminde kullanılmaktadırlar.

2.4. Çay Ekstraktı Üretimi

Bir karışımdan herhangi bir maddenin çözücü yardımıyla ayrılma işlemine ekstraksiyon adı verilmektedir. Çay demleme işlemi aslında bir katı-sıvı ekstraksiyon yöntemidir ve katı olan çay yaprakları ekstrakte edilen, çözücü olarak kullanılan su ekstrakte eden, elde edilen çay ise ekstrat (Şekil 2.9.) olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2011a).



Şekil 2.9. Çay ekstraktı ve konsantresi

Çözünür çay (instant tea) son zamanlarda gittikçe yaygınlaşan bir üründür ve ilk üretimi 1940 yılında İngiltere’de gerçekleşmiştir (Sinija ve ark., 2007). İngiltere’den sonra ABD, Çin, Japonya ve bunları takip eden diğer Avrupa ülkelerinde de içime hazır (RTD) çaylar iyi bir pazar edindiğini belirtmişlerdir (Chandini ve ark., 2013a).

Çözünür çay üretiminde ekstrakt elde edildikten sonra ilk önce aroma ayırma ve krema çöktürme işlemleri gerçekleştirilir Daha sonra süzme işlemi ve son aşama olan konsantre etme işlemi uygulanarak çözünür çay üretimi tamamlanır. Oluşabilecek lezzet ve aroma kaybını azaltmak için ekstrakt vakum kurutucu ya da sprey kurutucularda konsantre edilmektedir (Someswararao ve Srivastav, 2012).

Değişen yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıkları ile birlikte, çaydan üretilen içeceklerin gelişimini destekleyen, içime hazır (RTD) çaya olan talep sürekli artmaktadır. Bu tür çay içeceklerinin %70'inden fazlası daha çok Çin ve Japonya'da tüketilmektedir. Genel olarak, çaydan üretilen içecekler üç kategoriye ayrılır:

1. İçime hazır (RTD) çay içecekleri,
2. Hazır çay (instant tea) ve
3. Çay konsantresi (tea concentrate).

Çay konsantresi, RTD çay içeceklerinin hammaddesi olarak kullanılırken, son yıllarda yeni çay içeceği çeşitlerinin (ana hammadde olarak çay ürünlerinden yapılan ve süt, meyve ve diğer malzemelerle karıştırılan hazır bir içecek) üretiminde de kullanılmaktadır ve bu tür ürünlerin pazar payı RTD çay içeceklerini geçmiştir. Çay içeceklerinin kalitesi ve duyuşal özellikleri üzerinde; elde edildiği çayın çeşidi ve fenolik madde miktarının yanısıra çayın işlenmesi sırasında soldurma, kıvırma, kurutma ve fırınlama gibi işlemlerin de etkisi büyüktür. Çayın işlenmesinde ve içecek üretiminde; ekstraksiyon, filtrasyon, sterilizasyon, kurutma ve depolama, çayların duyuşal kalitesini gözle görülür biçimde etkiler. Tüm bu faktörler çayda krema oluşumu, rengin bozulması ve aroma kalitesi ile yakından ilişkilidir. Son yıllarda, gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri, enzimatik işleme, mikroorganizmalar yardımıyla ortak fermentasyonla işleme ve yeni kimyasal maddeler ile muhafaza yöntemleri gibi bazı teknikler kullanılarak çay içeceklerinin üretiminde tatmin edici ve olumlu sonuçlar alınmıştır (Liang ve ark., 2022b).

Chao ve Chiang (1999) yarı fermente çaylarda kafein kreması oluşumunda kateşinlerin rolünü inceledikleri bir çalışmada; 10:100 çay:su oranında 90°C de 20 dakika demlenen yarı fermente çayda (Paochung) toplam çözünür kurumadde miktarı (SÇKM), kafein miktarı, EGC, EC ve EGCG miktarlarını belirlemişlerdir. Elde edilen ilk ekstraktta, santrifüj edilmiş ekstraktta ve çay kremasında SÇKM miktarının sırasıyla 3.81 g/100 mL, 3.24 g/100 mL ve 0.57 g/100 mL, kafein miktarının sırasıyla 0.38 g/100 mL, 0.27 g/100 mL ve 0.11 g/100 mL, EGC miktarının sırasıyla 0.027 g/100 mL, 0.025 g/100 mL ve 0.000 g/100 mL, EC miktarının sırasıyla 0.068 g/100 mL, 0.067 g/100 mL ve 0.000 g/100 mL ve EGCG miktarının da sırasıyla 0.303 g/100 mL, 0.197 g/100 mL ve 0.106 g/100 mL olduğu bulunmuştur.

Chao ve Chiang (1999), Paochung (yarı fermente çay) ekstraktında en çok bulunan bileşiğin kateşinler olduğunu, oluşan kremanın yaklaşık %30 unu kateşinlerin oluşturduğunu belirlemiştir. Santrifüj edilmiş ekstraktlarla ilk ekstratlar karşılaştırıldığında hidrofobik özelliği EGCG'den daha yüksek olan moleküllerin diğer bileşenlerle daha fazla birleşerek kompleks oluşturma ve krema yapma eğiliminde olduğunu, gallatlı kateşinlerin konsantrasyonunun (EGCG ve ECG) santrifüj işleminden sonra önemli ölçüde azaldığını, gallat içermeyen kateşinlerin (EGC, C ve EC) miktarının ise önemli ölçüde değişmediğini belirlemiştir. Siyah çay kremasının temel bileşenlerinin ise thearubigin (%66), kafein (%17), ve theaflavin (%17) olduğu tespit etmişlerdir.

Yapılan birçok çalışmada (Natarajan ve ark. 1962; Astill ve ark., 2001; Chandini ve ark., 2011b); çayın demleme koşulları üzerinde ham maddenin özellikleri, demlemede kullanılan suyun saflığı ve sıcaklığı, demleme süresi, çay-su oranı gibi faktörlerin etkileri araştırılmış ve çayın partikül boyutu küçüldükçe, demleme sıcaklığı yükseldikçe ve su:çay oranı arttıkça çay demine geçen çözünabilir bileşenlerin miktarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çayda bulunan ve çay tanenleri olarak adlandırılan thearubigin ve theaflavinin kafein ile oluşturdukları kafein-tannat kompleksleri, sıcak suda çözünür; fakat soğuk suda, özellikle sertlik derecesi yüksek sularda çözünmeyerek bulanık bir görünüme ve çökeltiye neden olurlar. Soğukta gerçekleşen bu çökeltiye “krem”, bulanma ve çökelti oluşması olayına da “kremleşme” adı verilir. Son yıllarda, ekstraktta bulunan tanenlerin bir kısmının papain, jelatin gibi proteinler ya da poliamidlerle kompleks oluşturarak uzaklaştırılması, kremin tannaz preparatları ile muamele edilerek tanenlerin bir kısmının enzimatik parçalanmaya uğratılması yada kremin alkali hidroksitlerle muamele edilerek soğuk suda çözünür hale getirilmesi, ekstraktın kalsiyum tuzları (örneğin CaCl_2) ile muamele edilerek krem oluşturacak bir kısım komplekslerin ortamdan uzaklaştırılması gibi yöntemlerin uygulanması suretiyle, kremleşmenin, ürünün karakteristik tadını zayıflatmayacak şekilde önlenmesi üzerinde durulmaktadır (Altan, 1997).

Smith (1968); çay kreması oluşturan yapıların büyük ölçüde theaflavinler, thearubiginler ve kafeinden oluştuğunu az miktarlarda diğer bileşenlerden flavonoidlerin, kafein içermeyen azotlu bileşiklerin ve diğer inorganik maddelerin bulunduğunu belirtmiştir.

Liang ve Xu (2003), siyah çayda ekstraksiyon/demeleme sıcaklığının krema miktarı oluşumuna ve ekstraksiyon verimine etkisini inceledikleri çalışmada; sıcaklığa bağlı olarak çay kreması miktarının arttığını, 4.3:1000 (g/mL) ay:su oranında 20°C’de yapılan ekstraksiyonda krema oluşumunun gözlenmediğini; 30°C, 50°C, 70°C ve 90°C’de yapılan ekstraksiyonda oluşan krema miktarlarının ise sırasıyla 0.04 g/L, 0.15 g/L, 1.02 g/L ve 1.18 g/L olduğunu belirlemişlerdir. Aynı alışmada, 50°C’ nin altında yapılan ekstraksiyonlarda krema oluşumunun çok az olduğu, bu nedenle krema oluşumu açısından daha stabil ekstratlar elde edebilmek için demleme/ekstraksiyon sıcaklığının 50°C’nin altında olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, ay kreması oluşumunda pirogallat grupların ve bunların kafein ile yaptıkları bileşiklerin etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bu durumun özellikle 50°C’den 60°C’ye çıkıldığında daha net olarak gözlemlendiği belirtilmiştir. ay, düşük sıcaklıklarda demlendiğinde (ekstrakte edildiğinde) ise, bu bileşenlerin çay yapraklarında kalabildiği ve sıcaklıktaki artışla birlikte çay yapraklarının infüzyona uğrayarak çözündüğü tespit edilmiştir (Liang ve Xu, 2003).

Tadı ve aroma kalitesini iyileştirmek ve aroma bileşiklerinin dönüşümünü teşvik etmek için çay içeceklerinin üretiminde enzimatik işlem gelişmiş yöntemlerden biridir. Gallatlı kateşinlerin hidrolizini katalize eden ve çay kreması miktarını (zellikle siyah çay ekstraktı soğuduğunda çay polifenolleri, kafein ve hidrojen bağları ile diğer bileşiklerle oluşturulan koloidal parçacıklar) etkili bir şekilde azaltan tannazın (EC 3.1.1.20), çaydaki tadın iyileştirilmesindeki etkileri de araştırılmıştır (Cao ve ark., 2019; Wang ve ark., 2020). Sonbahar mevsiminde hasat edilen yapraklardan işlenen yeşil çay, özellikle daha yüksek miktarlarda gallatlı kateşinler içerdiği için, bahar mevsiminde hasat edilen yapraklardan daha acı ve buruktur. Tannaz ile hidrolizden sonra, sonbahar mevsiminde hasat edilen yapraklardan işlenen çaydaki gallatlanmamış kateşinlerin ve gallik asit konsantrasyonlarının arttığı, ağızda kalan tatlı tat ve genel kabul edilebilirliğin iyileştiği, acılık ve burukluğun azaldığı belirlenmiştir (Cao ve ark., 2019). Tannaz uygulamasının yeşil çay konsantresinde de tortu/krema miktarını azalttığı (%74.63 oranında) ve depolamadan sonra yeşil çay konsantresinin tat kalitesini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2020). TF içeriğince zengin bir içecek üretmek amacıyla, tannaz kullanılarak işlenen yaz ayı yapraklarının, geleneksel yöntemle soldurulan ve fermentasyona maruz bırakılan yapraklara göre daha fazla miktarda (4.7 kat) TF içerdiği saptanmıştır (Liang ve ark., 2022a; Liang ve ark., 2022b).

TF'ler, toplam çay üretiminin yaklaşık %75'ini oluşturan ve dünya çapında en çok tüketilen çay olan siyah çayın organoleptik özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunan önemli bileşenlerdir. TF oluşum mekanizmaları, TF üretmek için daha sonra epigallocatechin (EGC) ile birleşen epikateşin (EC)'in orto-kinona oksidasyonu için polifenol oksidazın (PPO) önemini göstermektedir. Bu dönüşüme dayanarak, *in vitro* TF elde etmek için ham PPO enzimleri yerine saflaştırılmış bir PPO izozimini kullanan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Sıvı hal fermentasyon teknolojileri, yüksek kaliteli siyah çay içecekleri üretmek için daha da geliştirilmiştir. Çay bitkilerinden elde edilen saflaştırılmış PPO'nun kullanımı, kateşinlerin hızlı ve tekdüze tüketimini teşvik ederek, sürekli ve yüksek oranlarda TF üretimi sağlar. TF konsantrasyonunu ve siyah çay kalitesini muhafaza etmenin daha basit bir yolu, iki aşamalı enzimatik işleme adı verilen enzimatik olarak geliştirilmiş bir ekstraksiyonun ardından hem oksidasyon enzimi hem de substrat kaynağı olarak taze çay yapraklarını kullanmaktır. Diğer bir basit yöntem ise, taze çay yapraklarını sadece oksidasyon enzimi kaynağı olarak kullanmak ve TF açısından zengin siyah çay ekstraktı elde etmek için sıvı hal fermentasyonu için substrat olarak tannazla hidrolize edilmiş yeşil çay ekstraktı kullanmaktır (Liang ve ark., 2022a; Liang ve ark., 2022b).

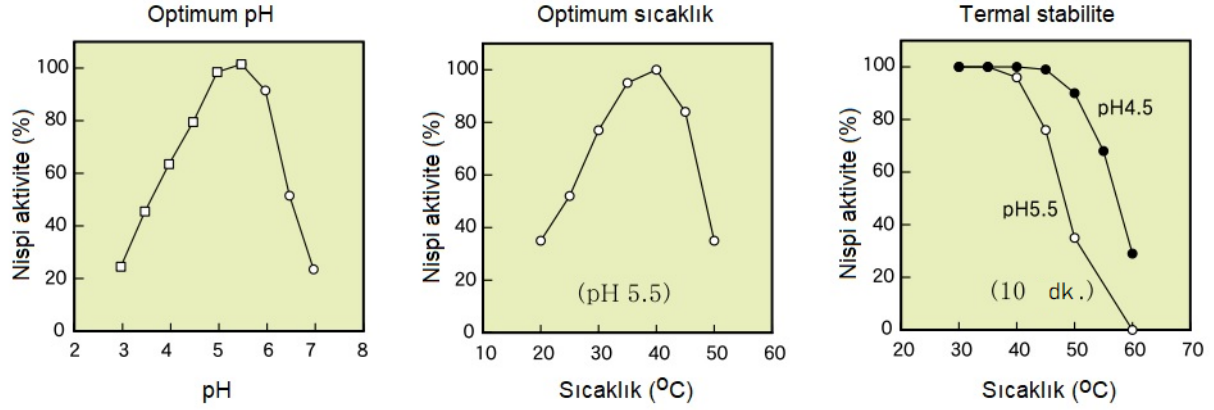
Chandini ve ark. (2011a), enzim kullanımının çay kalitesinin iyileştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada; çözünür kurumaddelerin ve polifenolik maddelerin miktarının çözücü oranı ve ekstraksiyon süresi ile doğru orantılı olduğunu ve ekstraksiyon koşulları belirlenirken amacın katının en fazla oranda geri kazanılmasına yönelik olduğunu belirtmişlerdir.

2.5. Tannaz ve Özellikleri

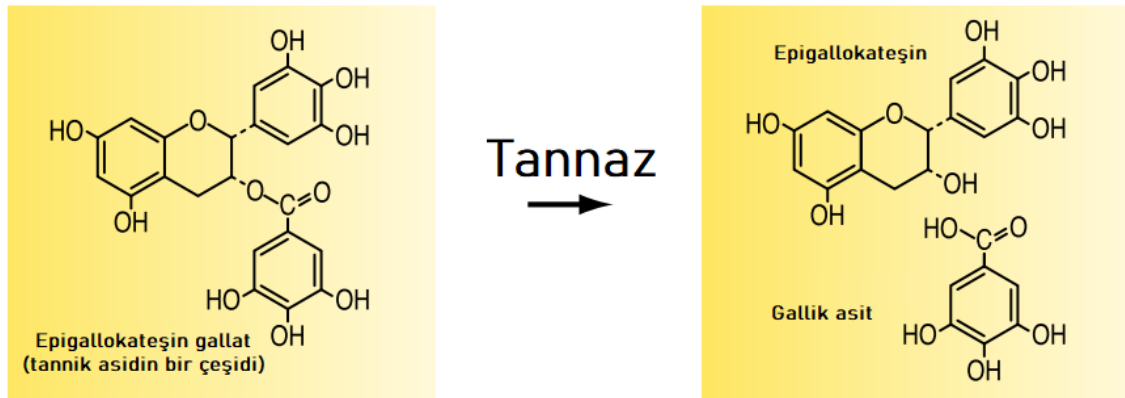
Tannaz veya tanen açilhidrolaz (E.C.3.1.1.20 ve CAS RN: 9025-71-2), hidrolize edilebilir tanenlerin ester ve depsidik bağlarının hidrolizini ve sentezini katalize eder ve parçalanma ürünleri olarak glikoz ve gallik asit oluşturan hücre dışı hidrolitik bir enzimdir (Chandini ve ark., 2013a). Tannazın optimum çalışma koşulları Şekil 2.10. ve etki mekanizması Şekil 2.11'de verilmiştir (Kikkoman, 2022).

Tannaz aktivitesi; pH 5.5. ve 30°C sıcaklıkta her bir dakikada tannik asitteki ester bağlarının 1 µmol'ünü hidrolize eden enzim miktarı olarak tanımlanmaktadır. Ticari olarak kullanılan tannaz, genellikle soya sosu üretiminde fermentasyon aşamasında da kullanılan, *Aspergillus*

oryzae tarafından üretilen bir enzimdir. Başta Japonya olmak üzere birçok ülkede kullanımına izin verilmiştir (Kikkoman, 2022).



Şekil 2.10. Tannazın optimum çalışma koşulları (Kikkoman, 2022)

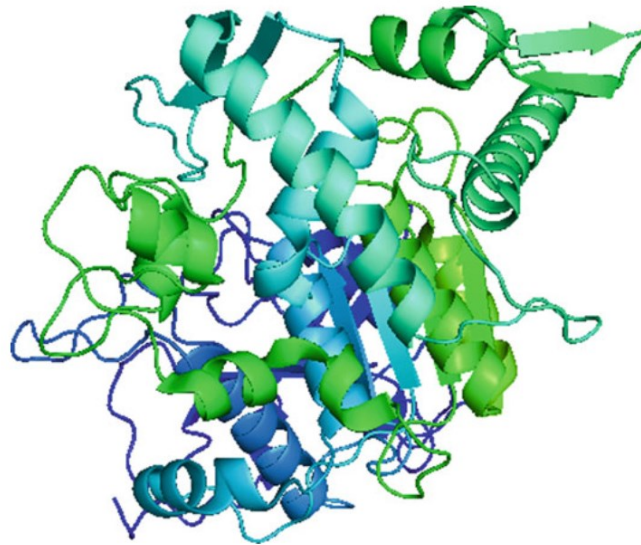


Şekil 2.11. Tannazın etki mekanizması (Kikkoman, 2022)

Tannaz, ilk kez iki küf mantarı türünden gallik asitten tanen üretimi ile ilgili bir çalışmada tesadüfen elde edilmiştir (Tieghem, 1987). Daha sonra bu küf mantarlarının *Penicillium glaucum* ve *Aspergillus niger* olduğu tanımlanmıştır (Lekha ve Lonsane 1997). Günümüzde tannaz; hayvanlar, bitkiler ve mikrobiyal kaynaklardan elde edilebilmektedir. Gallik asit üretimi tannazın en önemli ticari uygulamalarından biridir. Bunun dışında, gıda endüstrisinde özellikle hazır çay üretiminde, bileşiklerin ekstraksiyonunda ve soğuk suda çözünürlüğü arttırmada yaygın olarak kullanılırlar (Swaroop ve ark., 2019). Tannaz genellikle asidik ortamda çalışan bir enzimdir, ancak gıda endüstrisinde geniş bir sıcaklık ve pH aralığında da çalışabilme özelliğine de sahiptir (Yao ve ark., 2014).

2.5.1. Tannazın Yapısı

Tannazlar, uzun zamandan beri gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmalarına rağmen yapıları hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır. Tannaz, ilk kez, Ren ve ark. (2013) tarafından *Lactobacillus plantarum*'dan elde edilmiştir. Matoba ve ark. (2013)'da, *Lactobacillus plantarum*'dan elde edilen tannazın 3D-atomik çözünürlük modelini belirlemişlerdir (Şekil 2.12.). Tannazın kristal yapısı, gözlemlenen suşa bağlı olarak biraz değişiklik göstermektedir, bu durumda *Lactobacillus plantarum*'da üretilen tannazın SN35N suşuna bakılmaktadır. SN35N suşunda bulunan tannazda bilinen bir aktif bölge vardır. Bu aktif bölge, Ser163 aktif bölgesi olarak adlandırılır ve α/β -hidrolaz alanında bulunur. Bu aktif bölgede Ser163, Asp419 ve His451 kalıntıları bir katalitik üçlü oluşturur. Bu kalıntılardan herhangi biri katalitik üçlüde mutasyona uğrarsa, Tannaz aktivitesi hemen hemen her zaman durur. Tannazın moleküler ağırlığı ortalama olarak 50-320 kDa aralığındadır (Ataman, 2023). *Lactobacillus plantarum*'dan elde edilen tannaz, 489 amino asit kalıntısına ve iki alana sahiptir. Tannazın iki alanı, α/β -hidrolaz alanı ve kapak alanı olarak adlandırılır. α/β -hidrolaz alanı 4-204 ve 396-469 kalıntılarından oluşur ve bir yanda dört α -helis ve diğer yanda iki α -helis ile çevrelenmiş iki dokuz iplikli β -tabakadan oluşur. Buna karşılık, kapak alanı 205-395 kalıntılarından oluşur ve yedi α -helis ve iki β -tabakadan oluşur. (Matoba ve ark. 2013; Swaroop ve ark., 2019; Ataman, 2023). *Penicillium herquei*'den elde edilen tannazın yapısının α -heliks (%14), antiparalel β -tabaka (%32.4), β - tabaka (%4.8), β -dönüşü (%18.8) ve rastgele sarmal (%30) bir yapıdan oluştuğu belirlenmiştir (Qiu ve ark., 2011; Swaroop ve ark., 2019).

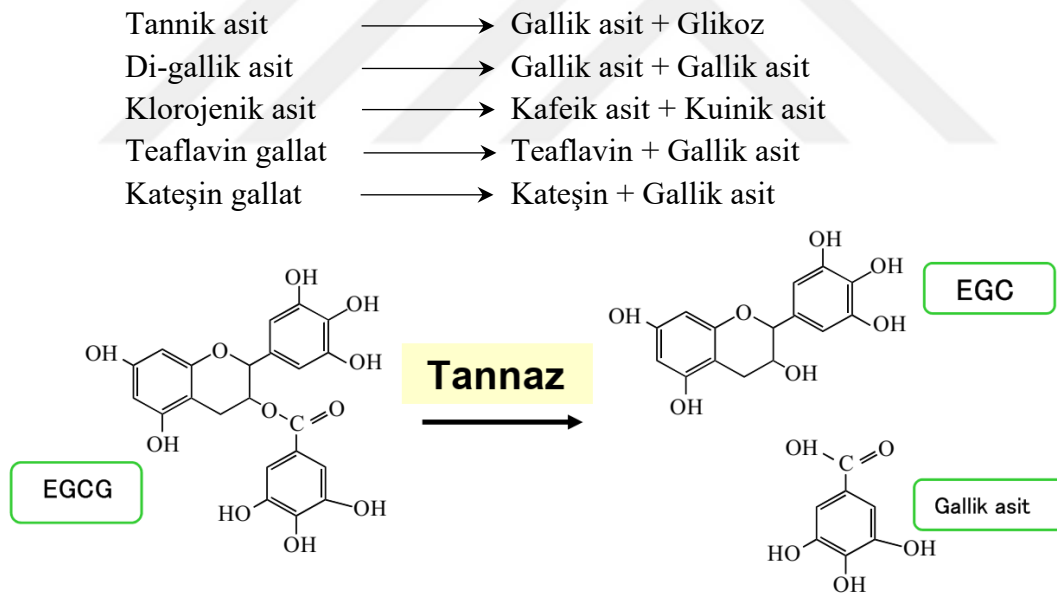


Şekil 2.12. *Lactobacillus plantarum* kaynaklı tannazın kristal yapısı (Ren ve ark., 2013)

2.5.2. Tannazın Etki Mekanizması

Tannaz, iki farklı reaksiyonu katalize eder. Bunlardan birisi esteraz aktivitesi, diğeri ise depsidaz aktivitesidir. Tek galloil bağlanma bölgesi, tannazın hem esteraz hem de depsidaz aktivitelerine katkıda bulunmaktadır (Ren ve ark., 2013). Esteraz aktivitesi, galloil glikoz ve metil galat gibi ester bağların gallik asit esterlerinin hidrolizini içerir. Diğer yandan depsidaz aktivitesi; digallik asit, gallotanninler, ellagitanninler, kompleks tanenler vb.'nin depsid bağlarını parçalarlar. Ancak, tannazlar asla; C-C bağlarına etki etmez ve bu nedenle bu enzimler, kondanse tanenleri hidrolize edemezler (Haslam ve Stangroom, 1966; Swaroop ve ark., 2019).

Tannaz içeren enzim preparatlarının başlıca etki mekanizmaları aşağıda verilmiştir. Bu enzimatik faaliyetler dışında, tannazın önemli bir etkisi bulunmaz (Mitsubishi, 2022). Tannaz, gallat yapısındaki kateşinleri, kateşinlere ve gallik aside hidrolize eder (Şekil 2.13.) (Kikkoman, 2022).

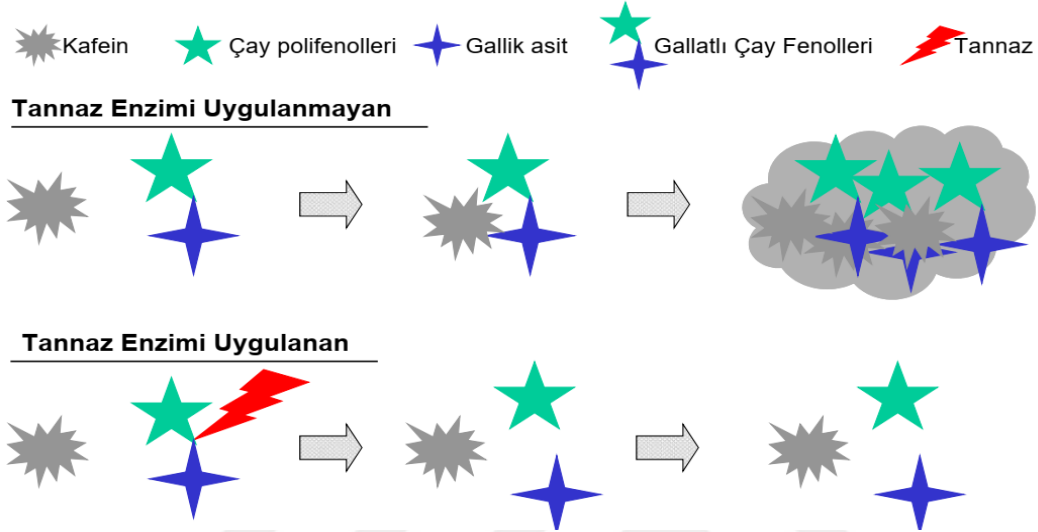


Şekil 2.13. Tannazın gallat yapısındaki kateşinleri kateşin ve gallik aside hidrolizi (Kikkoman, 2022)

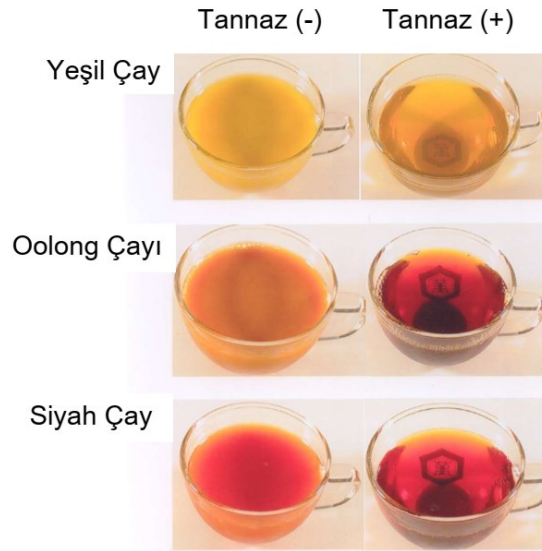
Tannazın, içime hazır (RTD) çay içecekleri, hazır çay (instant tea) ve çay konsantresi üretimindeki başlıca avantajları şunlardır (Kikkoman, 2022):

1. Çay ve çay içeren içeceklerde bulanıklığı ve krema oluşumunu (tortu) önler,
2. Çay ekstraktı üretiminde verim artışı sağlar,
3. Çay ve çay içeren içeceklerde tat ve aromayı iyileştirir.

Çay ve çay içeren içecekler vb. ürünlerde bulanıklık, çaydaki kafein ile gallatlı polifenollerin oluşturduğu kompleks yapıdan kaynaklanmaktadır. Tannazın bu bulanıklığın azaltılmasındaki etkisi incelendiğinde (Şekil 2.14., Şekil 2.15.); tannaz, çaydaki gallatlanmış polifenolleri gallik asit ve çay polifenollerine parçalar ve kafeinle birleşmelerine engel olur (Kikkoman, 2022).

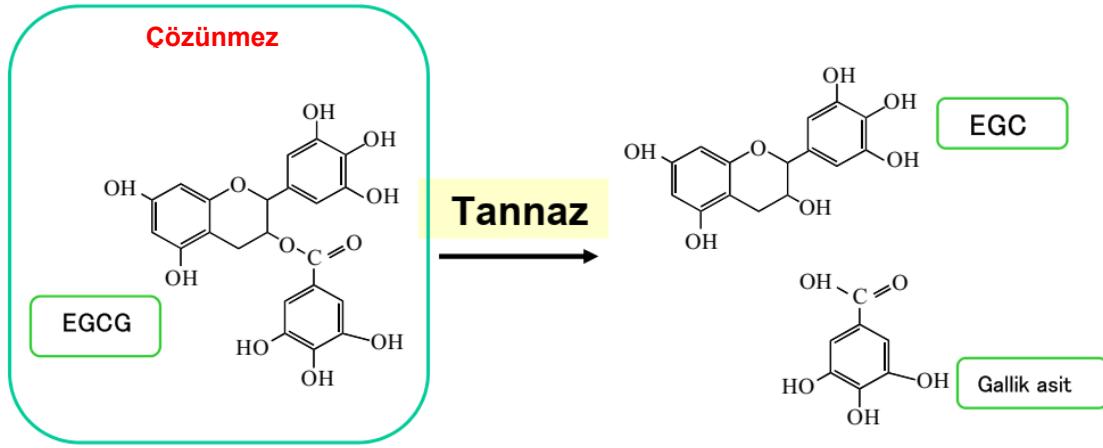


Şekil 2.14. Tannazın çaydaki bulanıklık üzerine etki mekanizması (Kikkoman, 2022)



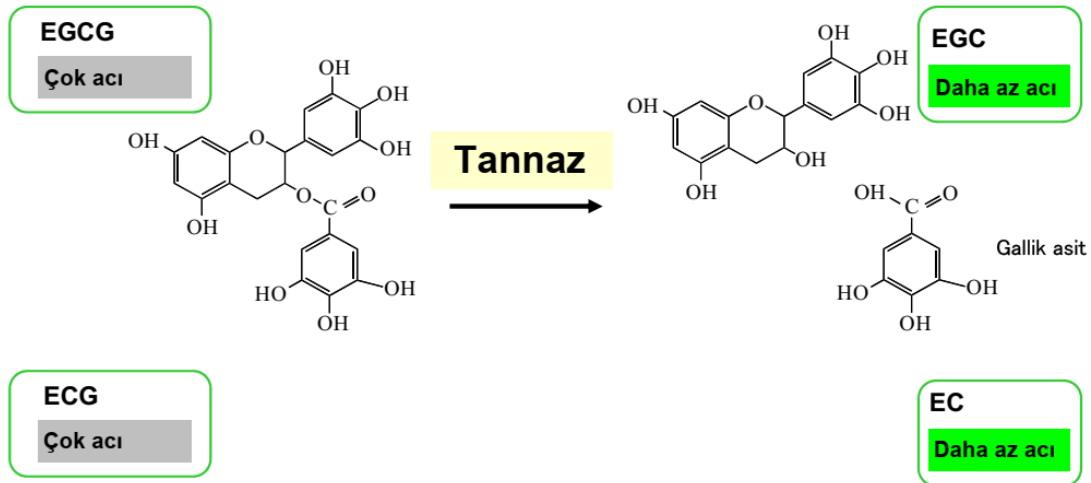
Şekil 2.15. Farklı çay çeşitlerinde tannaz uygulamasının bulanıklık üzerine etkisi (Kikkoman, 2022).

Tannaz, çay ekstraktı üretiminde verim artışı da sağlar. Suda çözünmeyen epigallokateşin gallat (EGCG) yapısını epigallokateşine (EGC) ve gallik asite dönüştürerek çözünebilir hale getirir (Şekil 2.16.) ve verimlilik artışı sağlar (Kikkoman, 2022).



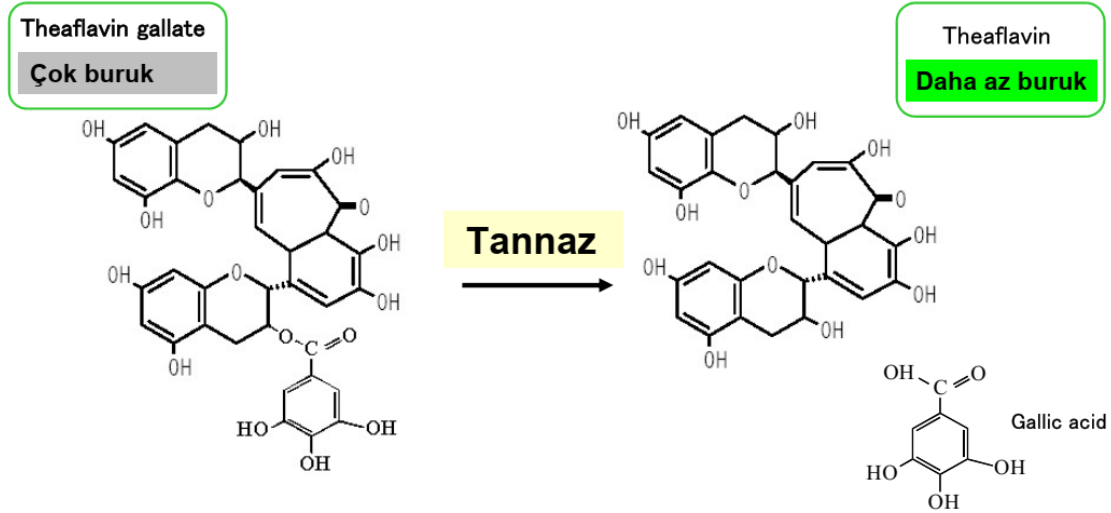
Şekil 2.16. Çözünmez yapıdaki EGCG'nin çözünür EGC'ye dönüşümü (Kikkoman, 2022).

Tannaz acılığı ve burukluğu gidererek çayın tadının da iyileşmesine katkıda bulunur. Tannaz, gallatlı kateşinleri (acı) gallat yapısında olmayan kateşinlere (daha az acı) ve gallik aside hidrolize eder. Ayrıca tannaz, gallatlı theaflavin'i (buruk) ise gallate yapısında olmayan theaflavin (daha az buruk) ve gallik aside hidrolize eder (Şekil 2.17.) (Kikkoman, 2022).



Şekil 2.17. Gallatlı kateşinlerin (acı) gallat yapısında olmayan kateşinlere (daha az acı) ve gallik aside hidrolizi (Kikkoman, 2022)

Tannaz, farklı uygulama alanlarına sahiptir. Tannazın endüstride en çok kullanım alanı çözünebilir çay üretimidir. Tannaz; kısaca özetlenecek olursa, çay kateşinlerinin biyotransformasyonunu kolaylaştırarak antioksidan özelliklerini arttırmak, krema oluşumunu azaltarak, çay ürünlerinin renk ve duyuşal özelliklerini iyileştirmek için (Şekil 2.18.) kullanılmaktadır (Ni ve ark., 2015).



Şekil 2.18. Gallatlı theaflavinlerin (buruk) gallate yapısında olmayan theaflavin (daha az buruk) ve gallik aside hidrolizi (Kikkoman, 2022).

2.5.3. Tannazın Kaynakları

Tannaz bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal kaynaklardan elde edilebilmekle birlikte, genellikle mikrobiyal kaynaklardan elde edilmektedir (Aguilar ve ark., 2007; Yao ve ark., 2014). Bu enzimlerin daha çok tanen açısından zengin olan sebzelerde, meyvelerde, yapraklarda ve kabuklarda bulunduğu bilinmektedir. Bunlar; *Terminalia chebula* (kara halile)’nin meyveleri, *Anogeissus latifolia*’nın yaprakları, *Caesalpinia coriaria* (divi divi ağacı)’nın baklaları ve *Cassia fistula* (altın ağacı, Altın Yağmur Sinamekisi)’nin kabuğundan elde edilmektedir ve hidrolize olabilir tanence zengindir (Madhavakrishna, 1961; Lekha ve Lonsane, 1997; Swaroop ve ark., 2019). Hayvansal kaynaklardan ise, sığır ince bağırsağı ve sığır iškembesi mukoza zarından elde edilmektedir (Lekha ve Lonsane, 1997).

Endüstriyel üretimlerde en fazla mikrobiyal kaynaklardan tannaz üretilmektedir. Mikroorganizmalardan üretilen tannazın diğer kaynaklardan üretilenlere göre birçok faydası bulunmaktadır. Bunlar, mikroorganizmaların bitki ve hayvan hücrelerine göre daha fazla üreme hızına sahip olmaları ve mikrobiyal olarak üretilen tannazların daha kararlı yapıya sahip olmalarıdır (Purohit ve ark., 2006; Jana ve ark., 2014). Mikroorganizmaların endüstriyel enzimlerin üretiminde tercih edilmesinin bir diğer nedeni de; biyokimyasal süreç çeşitliliği, biyoteknolojik ve ekonomik avantajlar sayılabilir (Lekha ve Lonsane, 1997; Natarajan, 2009). Tannaz üretiminde mikroorganizmalar içerisinde en etkili ve ticari olan mikroorganizma bir küf

mantarı olan *Aspergillus sp.*'dir. Tannaz üretiminde en çok tercih edilen küf mantarı türü ise *Aspergillus niger*'dir ve FDA tarafından genel olarak güvenli olarak kabul edilen (GRAS) madde olarak onaylanmıştır (Ni ve ark., 2015). *Aspergillus sp.* dışında *Klebsiella planticola*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus polymyxa*, gibi bakteriyel kültürler de etkili tannaz aktivitesine sahiptirler (Osawa, 2006).

2.5.4. Tannaz Uygulamaları

Tannazlar; gıda ve yem, ilaç, kozmetik, deri ve kimya sanayi gibi endüstrilerde önemli bir role sahiptir (Aguilar ve Gutierrez-Sanchez, 2001). Tannazın başlıca uygulama alanlarından biri tanenlerden gallik asit ve propil galat üretimidir. Tanenlerin istenmeyen olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması, gıda ve içecek endüstrilerinin en büyük sorunlarından biridir ve tannazlar bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır (Boadi ve Neufeld, 2001). Meyve sularının ve çay infüzyonlarının acı tadının enzimatik işlemle giderilmesi bu içeceklerin kalitesini artırır.

Tannazların, gıda sanayi ve içecek sektöründe en çok kullanım alanı çay ürünleri, çay esaslı içecekler ve çözünebilir çay üretimidir. Bu tür ürünlerde; bulanıklığı önlemek, krema oluşumunu azaltmak, çay ürünlerinin renk ve duyu özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır ve bu ürünlerin antioksidan özelliklerini arttırmaktadırlar (Ni ve ark., 2015; Yücel, 2017). Tannaz aynı zamanda bazı şarapların ve meyve sularının durultulması ve berraklaştırılmasında da kullanılmaktadır (Lekha ve Lonsane, 1997; Belmares ve ark., 2004).

2.6. Tannazın Çay Ekstraktı Üretiminde Kullanılması

Günümüzde sevilerek tüketilen en popüler alkolsüz içecek çaydır (*Camellia sinensis* L.) ve dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisinden fazlası çay ve ürünlerini tüketmektedir. Tannazın en önemli uygulamalarından biri hazır çay (instant tea) üretimidir. Çay, soğuk su ile ekstrakte edildiğinde, sınırlı bir ekstrakte edilebilir katı madde konsantrasyonuna sahiptir ve elde edilen içecek, çayın kendine özgü tadı olmaksızın soluk bir renge sahiptir (Swaroop ve ark., 2019). Anaerobik koşullar altında tannaz uygulandıktan sonra, soğuk suda çözünmeyen bileşenlerin azaldığı ve böylece soğuk suyla ekstrakte edildiğinde bile yüksek kaliteli yeşil çay içeceği elde edilebileceği belirtilmiştir (Sanderson ve ark., 1977). *Aspergillus oryzae*'den elde edilen tannazın gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi yapılmış ve çay üretiminde kullanımının

güvenli olduğu bildirilmiştir (Lane ve ark., 1997). Tannaz ile işlenmiş yeşil çaydaki N-nitrosodimetilaminin (NDMA) antioksidan etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (Lu ve Chen, 2007). Çay infüzyonları epikateşin, epigallokateşin, epikateşin gallat ve epigallokateşin gallat gibi kateşinler içerir (Chen ve ark., 2014). Kateşinler birçok avantaja sahip olmalarına rağmen çay infüzyonlarında acılık ve burukluğa neden olurlar (Scharbert ve Hofmann, 2005). Artan kateşin konsantrasyonu ile tat yoğunluğu artar ve tat alma kabiliyeti azalır (Zhang ve ark., 2016). Çaydaki kateşinlerin diğer bir dezavantajı, zayıf biyoyararlanımlarıdır (Fan ve ark., 2016). Çay kreması oluşumu, bu ürünlerin depolama kalitesini etkileyen çay polifenollerinin katkıda bulunduğu başka bir özelliktir. Ayrıca bu polifenoller, amilaz ve pepsin gibi sindirim enzimlerini inhibe ederek sindirim sistemini bozar (Li ve ark., 2017). Tannaz uygulaması, tüm bu komplikasyonları önlemede tek yoldur. Kateşinler, *Aspergillus niger*'den elde edilen tannaz tarafından çok verimli bir şekilde hidrolize edilmiştir (Ni ve ark., 2015). Düşük kaliteli bir Tieguanyin oolong çayına tannaz uygulanmış ve antioksidan özelliği artırılarak kalitesi iyileştirilmiştir (Li ve ark., 2017). Yeşil çay ve yerba mate çayındaki epigallokateşin gallat, *Paecilomyces variotti*'den elde edilen tannazın etkisiyle hidrolize edilmiştir ve her iki çayın da infüzyonunda antioksidan özelliği önemli ölçüde artmıştır (Macedo ve ark., 2011). Başka bir çalışmada da; ağızda kalan tatlılığı iyileştirmek için, epigallokateşin gallat ve epikateşin gallat, tannaz tarafından hidrolize edilmiştir ve böylece yeşil çay infüzyonlarının genel kabul edilebilirliği doğal yolla geliştirilmiştir (Zhang ve ark., 2016; Swaroop ve ark., 2019).

Chandini ve ark. (2011a), siyah çay ekstraktlarında kaliteyi artırmak amacıyla farklı enzim uygulamalarını araştırdıkları çalışmada; CTC tipi siyah çay kullanarak 1:50 oranında çay:su kullanarak 90°C sıcaklıkta 40 dakika süreyle demlenerek elde edilen ekstraktlara tannaz (*Aspergillus heteromorphous*, 350 U/ml siyah çay) ve pektinaz (*Aspergillus carbonarius*, 60 U/ml) ticari enzim preparatları uygulamışlardır. Tannaz uygulanan ekstraktlarda enzim konsantrasyonu arttıkça gallik asit miktarının arttığı, ancak bu artışın istatistiksel açıdan önemli bulunmadığı, EC ve EGC'nin de arttığı buna karşılık ECG ve EGCG'nin ise azaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada; 2:100 oranında çay:su kullanarak 90°C sıcaklıkta 40 dakika süreyle demlenerek elde edilen ekstraktlara 10-100 U/g tannaz 40°C'de 2 saat süreyle uygulanmıştır. Elde edilen çay ekstraktlarının kafein içeriklerinin kontrol örneğinde 31.9 ± 2.3 g/kg siyah çay, 10 ve 20 U/g tannaz uygulananlarda ise sırasıyla 29.0 g/kg ve 28.5 g/kg siyah çay olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneğindeki gallik asit (GA) miktarının ise 10.58 ± 0.03 g/kg siyah çay, tannaz uygulananlarda da (10 ve 20 U/g-siyah çay) sırasıyla 12.18 ± 0.48 ve

14.23±0.06 g/kg siyah çay; EGCG miktarının ise 4.21±0.08 g/kg siyah çay, tannaz uygulananlarda da (10 ve 20 U/g-siyah çay) sırasıyla 3.51±0.03 ve 2.99±0.01 g/kg olduğu saptanmıştır. Tannaz uygulanan ekstraktlarda bulanıklığın (4.2-5.6 NTU) kontrol örneklerine (15.2 NTU) göre çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tannaz uygulanan (10 ve 20 U/g-siyah çay) ekstraktlardaki krema miktarının %0.067 ve %0.052, kontrol örneklerinde ise %0.085 olduğu saptanmıştır.

Çayın kalitesini iyileştirmek (acılığı azaltmak) ve çaydaki tanen nedeniyle bulanıklık oluşumunu önlemek amacıyla, çay ekstraktına tanen konsantrasyonuna göre yaklaşık %0.005 ila %0.2 oranında tannaz ilave edilmektedir ve 30-40°C’de 0.5-1 saat süreyle karıştırılarak inkübasyona bırakılmaktadır. Verimi artırmak amacıyla da, tannaz ve diğer enzimler (selüloz, pektinaz), yaklaşık %0.05 ila %0.1 oranında ilave edilmektedir ve 30-40°C’de 1-2 saat süreyle karıştırılarak inkübasyona bırakılmaktadır. Tüm bu işlemlerin sonucunda tannaz 95°C’nin üzerinde 30 dakikadan fazla ısıtıldığında inaktif hale getirilir (Mitsubishi, 2022).

Stabilite, berraklık ve soğuk suda çözünürlüğünün yanı sıra ekstraksiyon verimi açısından kaliteyi iyileştirmek için siyah çay üretiminde ekstraksiyondan önce veya ekstraksiyon sırasında tannaz ve hücre duvarını parçalayan enzimler kullanılarak uygulanan işlemler enzimatik uygulamalar olarak tanımlanmaktadır. Hücre duvarını parçalayan enzimler, bir veya daha fazla hücre duvarı bileşenini daha basit bileşenlere ayırır ve böylece hücre duvarının yapısal bütünlüğünü bozar veya geçirgenliğini artırır (Kumar ve ark., 2013).

2.6.1. Çay Ekstraksiyonu Öncesi Tannazın Siyah Çaya Uygulanması

Siyah çaydan ekstrakt üretiminde; stabilite, berraklık ve soğuk suda çözünürlüğünün yanı sıra ekstraksiyon verimi açısından daha iyi ekstraktlar elde etmek için, siyah çay yapraklarına ekstraksiyon işleminden önce tannaz ve hücre duvarını parçalayan enzimler uygulanmıştır. Hücre duvarını parçalayan bu enzimler, hücre duvarı bileşenlerini daha basit yapılara parçalar ve böylece hücre duvarının yapısal bütünlüğünü azaltır veya geçirgenliğini artırır.

Peterson (1984), hazır çay üretiminde enzimatik yöntemi araştırdığı bir çalışmada karbohidraz (SPS-az; çözünür polisakarit-az) enziminin etkinliğini incelemiştir. SPS-az uygulanan örneklerde suda çözünür polisakaritlerin parçalanarak verimin 2 kat arttığı ve daha önceki

çalışmalarda kullanılan pektinazlar, selüloz, amilaz ve proteaz gibi diğerk geleneksel enzimlere göre verimin çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemde, siyah çay yaprakları (taze, kurutulmuş veya kesilmiş) sulu bir süspansiyon içinde SPS-az ile 40-50°C sıcaklıkta, yüksek düzeyde enzimatik aktivite sağlamak için uygun bir şekilde birlikte işlenmektedir. 50-500 SPSU/kg kuru yaprak arasındaki SPS-az aktivitesi aralığının, yüksek verim ve düşük işlem süreleri ile ekonomik bir süreç için en uygun işlem koşulları olduğu kabul edilmiştir. İşlem süresinin çay yapraklarının spesifik yüzey alanına bağılı olduğu belirtilmiştir. İnce öğütölmüş çaydan maksimum ekstraksiyon verimi elde etmek için 10-20 saatlik enzim uygulamasının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Başka bir örnekte, SPS-azın etkinliğini belirlemek amacıyla, dondurularak kurutulmuş çay tozundan sulandırılarak hazırlanan çay ekstraktının kurumadde verimi ve bulanıklık ölçümleri proteinaz, β-glukanaz ve pektinaz ile elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Dondurularak kurutulmuş çay tozundaki ölçölen ekstrakt veriminin, kurumadde esasına göre %0.5 (ağırlık/ağırlık) oranında enzim kullanılanlar ile kullanılmayanlardan elde edilen verimin yaklaşık 2.25 katı olduğu saptanmıştır. Ayrıca, enzim uygulanan örneğinin bulanıklık değeri (69 NTU), enzim uygulanmamış örneğinin bulanıklık değeri (309 NTU) göre yalnızca yaklaşık %25'i kadar olduğu belirlenmiştir (Peterson, 1984; Kumar ve ark., 2013).

Tsai (1987), siyah çay yapraklarına enzim uyguladığı bir çalışmada, verimin daha yüksek ve soğuk suda çözünürlüğünün daha iyi olduğu bir ürünün üretimiyle ilgili bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde göre; siyah çay yapraklarının, geleneksel fermentasyondan sonra ekstraksiyondan işleminden önce selüloz, pektinaz ve hemiselöloz gibi hücre duvarını parçalayan enzimlerle birlikte, tannaz içeren bir enzim çözeltisi ile ön işleme tabi tutulması veya şartlandırılması gerektiğini önermiştir. Tsai (1987)'nin önerdiği yöntemin mekanizması; daha fazla soğuk suda çözünür çay kurumaddesi elde etmek ve tanenlerin hidrolizini sağlamak için enzim çözeltisinin siyah çay yapraklarının üzerine püskürtölerek dokuların şişerek enzimlerin dokuların içine veya yüzeyine emiliminin sağlanması ve böylelikle çay yapraklarındaki kurumaddenin yapraklardan salınımının sağlanmasıdır. Hücre duvarı enzimleri; selöloz, pektin, hemiselöloz, lipitler ve protein gibi başlıca hücre duvarı bileşenlerinin hidrolizine özğüdür. Siyah çay yapraklarına enzim çözeltisi 1:4 ila 2.5:1 (g/g) oranında ilave edilmiştir. Bu enzim çözeltisi; su, tannaz (0.5-32 unit/g siyah çay) ve hücre duvarını parçalayan bir veya birkaç enzimden (5- 20 unit/g siyah çay) oluşmuştur. Enzim emdirilen çay yaprakları daha sonra kapalı bir sistem içinde 40°C sıcaklıkta 2.5 saat süreyle inkübe edilmiştir. Kapalı bir sistemin kullanılması, hassas ve uçucu

aroma bileşenlerinin kaybolmaması ya da zarar görmemesini sağlamıştır. Bu bileşenlerin (tat ve aroma bileşenleri) okside olmaması için kapalı ortama inert gaz verilebileceği de belirtilmiştir. Tannazın çay katıları üzerindeki etkisi nedeniyle, gallik asit ve diğer organik asitlerin serbest kalarak ve pH'nın düşmesine (4.25-4.75) sebep olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, pH'nın nötralizasyonun, tercihen yaprakların inkübasyonundan hemen sonra ya da ekstrakt hazırlandıktan sonra, gıdaya uygun herhangi bir alkali çözelti ile istenen son pH'ya (5.0-5.5) kadar gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Enzimler, işlenmiş yaprakların 65°C ve üzerindeki sıcaklıklara kadar ısıtılmasıyla etkisiz hale getirilmiş ve ardından yapraklar kurutulmuştur. Ekstraksiyon veriminin, yalnızca tannaz kullanılanlara göre enzim kombinasyonunun kullanıldığı çaylarda daha fazla olduğu bildirilmiştir. Tannaz-pektinaz uygulanan çaylarda, ekstraksiyon veriminin %53 arttığı ve kontrol örneği %9.2'lik çözünmeyen bileşenler (diatome toprağı kaplı filtre kağıdından süzülerek) içermesine rağmen üretilen hazır çayın soğuk suda tamamen çözündüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, yapılan duyusal değerlendirmelerde, soğuk çayın lezzetini koruduğu ve sıcak demlemeye benzer bir tat verdiği belirlenmiştir. Tannaz-pektinaz uygulanan siyah çay içeren sallama çay poşetlerinden hazırlanan infüzyonların (3 dakika 250 mL kaynar suda 2.25 g) 4°C'de kristal berraklığında olduğu (39 NTU), buna karşın, kontrol numunelerinin puslu bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir (141 NTU). Tannaz-pektinaz uygulanan çay ekstraktları, içime uygun bir orana kadar seyreltilmiş (%0.4-0.5 çay katıları), cam şişelere doldurulmuş ve RTD soğuk çay olarak pastörize edilmiştir. Soğuk çayın, kendine özgü acılık ve sert tadı olmadan 40°C'de 6 ay boyunca berrak yapısını koruduğu belirlenmiştir (Tsai, 1987; Kumar ve ark., 2013).

2.6.2. Çay Ekstraksiyonu Sırasında Tannaz Uygulanması

Siyah çaydan ekstrakt üretiminde; stabilite, berraklık ve soğuk suda çözünürlüğünün yanı sıra ekstraksiyon verimi açısından daha iyi ekstraktlar elde etmek için, siyah çay yapraklarına ekstraksiyon işleminden önce enzim uygulandığı gibi çay ekstraksiyonu sırasında da benzer enzimatik uygulamalar yapılmaktadır.

Lehmberg ve ark. (1999), tannaz ve bir ya da daha fazla sayıda hücre duvarını parçalayan enzim ya da viscozyme (arabinaz, selüloz, β -glukanaz, hemiselüloz ve ksilanaz içeren enzim kompleksi) kullanarak berrak yapıda ve asidik ortama dayanıklı hazır çay üretimi için siyah çay yaprağının enzimatik ekstraksiyonu ile ilgili bir yöntem tarif etmiştir. Ayrıca, çay yaprağını

enzimlerle işlemek için gereken ekipmanın miktarını ve karmaşıklığını azaltan ve aşağı yönlü (downstream) sürekli ekstraksiyon prosesinin ekipmanına kolay entegrasyona izin veren piston akışlı bir ekstraksiyon yöntemi tanımlanmıştır. Böylelikle, kesintili yöntemlere kıyasla, daha düşük maliyetle yüksek verim elde edilebileceği belirtilmiştir. Tannazın, theaflavinler ve thearubiginler gibi polifenolik yapıdaki biyopolimerlerin modifikasyonunda gallik asit ya da bunların tuzlarında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Hücre duvarını parçalayan enzimlerin, bitkisel hücre duvarlarındaki biyopolimer yapıları serbest bıraktığı ve değiştirdiği, böylelikle tat ve asit stabilitesine katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Bazı çay polifenollerinin belirli proteinleri çöktirdiği de belirtilmiştir. Buna göre, çay yapraklarında bulunan protein yapısındaki biyopolimerlerin uygun bir yapıya modifikasyonu, proteinlerin izoelektrik noktasının altındaki asidik koşullarda da çözünürlüğün iyileştirilebildiği bildirilmiştir. Enzimlerin ayrı ayrı beslenebileceği gibi pH ayarlanarak bir enzim kombinasyonu şeklinde de ortama ilave edilebileceği belirtilmiştir. Tipik bir enzim çözeltisinin, her 1 gram siyah çay için 0.5–10 U tannaz, 2.5–5.0 NCU (Novo selüloz birimi) selüloz ve 0.33–0.66 FBG (fungal β glukanaz) karbohidraz içerdiği bildirilmiştir. Enzim ekstraksiyonu, çift cidarlı bir ekstraktörde ~60°C gibi düşük bir sıcaklıkta 60 dakikalık bir süreyle sıcak su seviyesi sürekli kontrol edilerek (çay yaprağının 5-8'lik kısmı), çay yaprağı ve enzim çözeltisi (tercihen çay yaprağının %0.007-0.008'lik kısmı) ilave edilerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktan çay yaprakları ayrılmış ve ekstraksiyon işlemini sonlandırmak için tercihen ~88°C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Elde edilen ekstrakt pastörize edilerek enzim çözeltisi inaktive edilmiş ve ekstraktta bulunabilecek mikroorganizmalar inaktif hale getirilmiştir. Ekstrakt, isteğe bağlı olarak aromadan arındırıldıktan sonra istenen kurumadde içeriğine kadar ayarlanmış, soğutulmuş ve çözünmeyen hammaddeyi uzaklaştırmak için santrifüjlenmiştir. Santrifüjleme işleminden sonra elde edilen ekstraktın isteğe bağlı olarak herhangi bir içeceğe karıştırılabileceği ya da istenirse geleneksel yöntemlerle konsantre edilebileceği ve/veya kurutulabileceği belirtilmiştir.

Raghuwanshi ve ark. (2013), *Penicillium charlesii* kaynaklı tannaz kullanılarak, Kangra ve Orthodox tipi çayların kalite özellikleri üzerine yaptığı çalışmada, CTC ve Orthodox yöntem ile üretilen Kangra siyah çayını 5:100 çay:su oranında kaynama sıcaklığındaki su ile demledikten sonra 85°C de 20 dakika süre ile tannaz uygulamış ve takiben filtrasyona tabi tutmuşlardır. Aynı çalışmada, kontrol örneklerine farklı oranlarda (%0.05-0.2) *Penicillium Charlesii*'den elde edilen tannaz ilave ederek 30°C de 1 saat boyunca inkübasyona bırakmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, tannaz için optimum dozaj miktarının %0.1 olduğu

ve ekstraktta oluşan krema miktarının ise CTC ve Orthodox çayları için sırasıyla 0.102 g/100 mL ve 0.084 g/100 mL olduğu belirlenmiştir. CTC ve Orthodoks tipi çay ekstraktlarının krema miktarının kontrol örneklerinde sırasıyla 0.520 g/100 mL ve 0.390 g/100 mL; farklı enzim konsantrasyonları uygulanan CTC ve orthodoks tipi çay ekstraktlarında krema miktarının ise sırasıyla 0.430-0.081 g/100 mL ve 0.210-0.076 g/100 mL aralığında değiştiği ve enzim konsantrasyonu arttıkça oluşan krema miktarının da azaldığı tespit edilmiştir. Tannaz uygulanan örneklerde GA, EGC ve EC miktarının arttığı, EGCG ve ECG miktarının ise kontrol grubu örneklerle kıyaslandığında azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, GA miktarındaki artışın çözünürlüğün artırmasını da sağlayarak krema oluşumunu azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Natarajan (2009), *Lactobacillus plantorum*'dan elde edilen tannaz kullanılan çay ekstraktlarında çözünürlüğün yüksek olduğunu ve kırmızı parlak rengi arttıran epitheaflavik oluşumunun arttığını, epikateşin ve gallik asit oluşumunu da arttırarak çaya iyi bir görünüm kazandırdığını belirtmiştir.

Nagalakshmi ve ark. (1985) siyah çay ekstraktlarında tannaz kullanarak kremanın giderilmesine yönelik yaptıkları bir çalışmada, çay kremasının 45°C'de giderilebildiğini, ancak enzimi inaktif etmek amacıyla 90°C'nin üzerine ısıtıldığında çay ekstraktlarında aroma kaybına yol açtığını belirtmişlerdir.

2.6.3. Çay Ekstraktına Tannaz Uygulanması

Tannazın, çay kremasının daha düşük moleküler ağırlıklı bileşiklere hidrolizi, bulanıklığın azaltılması ve soğuk suda çözünürlüğün artırılmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Sanderson ve Coggon, 1974). Çay ekstraktına uygulanan bu işlem, çay kremasının çözünmeyen katılarının en azından bir kısmını soğuk suda çözünür bir forma dönüştürür. Enzimatik yöntem, kimyasal çözündürme yöntemlerinde normal olarak kullanılan inorganik ve organik maddelere olan ihtiyacı ortadan kaldırır veya azaltır. Bu durum, “kremanın enzimatik yolla çözünmesi” ve aynı zamanda “ekstraktın enzimatik yolla berraklaştırılması” olarak ifade edilmektedir (Sanderson ve Coggon, 1984; Kumar ve ark., 2013).

Takino (1976), siyah çay ekstraktı üretiminde de tannaz kullanarak berrak bir görünüşe, daha iyi bir burukluğa ve renge sahip çay ve soğuk suda daha iyi çözünür çay konsantresi/tozu üretmek için bir yöntem geliştirmiştir. Bu amaçla, çay ekstraktının tamamının santrifüjleme işleminden önce işlenebileceğini ve alternatif bir yöntem olarak, çay ekstraktının soğutularak kremanın uzaklaştırılabileceği belirtilmiştir. Bu alışmada, 70 U/g çay kurumaddesi ya da 1400 U/g çay kreması kurumaddesi esasına göre tannaz uygulanan ekstraktlarda iyi sonuçlar alındığı belirtilmiştir. Toz ya da çözelti halindeki tannaz ekstrakta eklemiş ve pH 5.0-6.0'da yaklaşık 45°C sıcaklıkta 30-60 dakika süreyle tutulmuştur. Daha sonra, elde edilen ekstrakt soğutmalı santrifüjde yaklaşık 7°C'de santrifüjlenmiş (12000 rpm, 10 dakika) ve takiben kurutularak toz haline getirilmiştir. Santrifüjleme sonrası kalan tortu kısmı (krema) 7°C'de çözünmeyen kısım (%) olarak ifade edilmiştir (Takino, 1976).

Agbo ve Spradlin (1995), tannaz ile birlikte glikoz oksidaz kullanarak, soğukda depolama sırasında çok az bulanıklık oluşturan ya da hiç bulanıklık oluşturmeyen bir çay ekstraktı üretmek için enzimatik bir yöntem geliştirmiştir. Bu araştırmacılar, Takino (1976) tarafından açıklandığı gibi çay ekstraktının tannaz ile inkübasyonunun, soğutmada oluşan bulanıklığı önemli ölçüde azaltmadığını bildirilmiştir. Agbo ve Spradlin (1995), oksidazın tannazla birlikte kullanıldığı yöntemlerin, Takino (1976)'nın uyguladığı yöntemin olumsuzluklarını önleyebileceğini belirtmiştir. ay ekstraktının, RTD içeceklerinin üretiminde seyreltilerek (%4-10 çay katı maddesi) kullanılan bir konsantre ürün olduğu bildirilmiştir. Agbo ve Spradlin (1995), uygulanan yöntemin, soğutularak kreması alınmış (1-4°C) ay ekstraktının oksidaz ve tannaz ile işlenmesini içerdiğini belirtmiştir. Bu amaçla, çay ekstraktına oksidaz (2250-3000 U/g çözünür çay kurumaddesi) ve tannaz (0.5-10 /g çözünür çay kurumaddesi) ilave edilmiş ve bu karışım yaklaşık 29-43°C'lik bir sıcaklıkta 1-10 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra çay ekstraktı 52°C'de 10 dakika süreyle tutularak enzimler inaktif edilmiştir. Daha sonra ekstrakt, çözünmeyen katıları uzaklaştırmak için santrifüjlenmiştir (13000 rpm, 10 dakika). Bu ekstraktların berraklığı, Hunter kolorimetresi kullanılarak L/b değerleri ölçülerek belirlenmiş ve L/b değeri ne kadar yüksek olursa, ekstraktın o kadar berrak olacağı belirtilmiştir. Elde edilen ekstrakt (%6 çözünür kurumadde) farklı konsantrasyonlarda tannaz ve oksidaz ile işleme tabi tutulmuştur. İnkübasyon işleminin ardından, enzimle muamele edilmiş numuneler, buzdolabı koşullarında bir gece boyunca muhafaza edilmiş ve santrifüjlenerek (13000 rpm, 10 dakika) üstteki berrak kısım (süpernatant) alınmıştır. En fazla berraklık, her bir g çözünür kurumadde başına 2550 U'luk glikoz oksidaz konsantrasyonu ve

0.85 U'luk tannaz konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bu enzim çözeltisi kombinasyonu ile üretilen ekstraktlardaki berraklığın (L/b: 17.51), diğer konsantrasyonlara (L/b: 5.07-7.39) ya da enzimlerin tek tek kullanıldığı işlemlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, çay katılarının geri kazanımının, tek başına tannaz uygulanan ekstraktlarla karşılaştırıldığında, her iki enzimle işleme tabi tutulan ekstraktlara göre biraz daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çay kremasının enzim kullanılarak çözünür hale getirilmesinde en uygun sıcaklığın 45°C olduğu (Nagalakshmi ve ark., 1985), ancak enzim daha sonra 90°C'nin üzerinde ısıtılarak inaktif hale getirilmesinin ekstraktlarda çay aromasının kaybolmasına neden olduğu belirtilmiştir (Kumar ve ark., 2013). Tannaz, çay kremasının oluşumunu önemli ölçüde azaltsa da, yüksek maliyetlerinin yanı sıra 40°C'den yüksek sıcaklıklarda kararsız olmaları (Thomas ve Murtagh, 1985), reaksiyon sıcaklığını ve dolayısıyla polifenolik komplekslerin hidrolizini kısıtlaması nedeniyle kullanımlarının kısıtlı olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, peptit kısmının çözünmez bir destek üzerine kovalent olarak immobile edilmesi ile elde edilen tutuklanmış tannazın kullanımı için girişimler de olmuştur. İmmobilize tannazın, enzimin geri kazanılmasını ve yeniden kullanılmasını kolaylaştırdığı, enzimleri inaktif etmek için çayı ısıtma ihtiyacını ortadan kaldırdığı, aromayı iyileştirdiği ve üretim maliyetlerini azalttığı bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2013). Bununla birlikte, yapılan ilk çalışmalarda (Coggon ve ark., 1975; Barmentlo ve ark., 1993), birkaç geçişten sonra enzim aktivitesinde kayıp olduğu ve destek yapıdan enzimlerin önemli miktarda salındığı gözlemlenmiştir. Sanderson ve Coggon (1974), peptit kısmına kovalent olarak immobilize edilmiş tannaz için reaksiyon sıcaklığının, enzimatik aktivitede önemli bir kayba neden olmadan 40°C'den fazla olamayacağını gözlemlemiştir.

Membran filtrasyonun; meyve suları, bal, bira ve şarap gibi doğal yapısı itibarıyla protein/polifenol içeren içeceklerin durultulmasında ve stabil hale getirilmesinde kullanıldığı belirtilmiştir. (Evans ve Bird, 2006; Chandini ve ark., 2013b). Gözenekli bir yapıya sahip membranların, doğal özelliklerini koruyan çay ekstraktı üretiminde, ekstraktaki hem puslu yapının hem de çay kreması parçacıklarının uzaklaştırılmasında da kullanılacağı belirtilmiştir. Son yıllarda, siyah ve yeşil çaydan elde edilen ekstraktların berraklaştırılmasında ultrafiltrasyon sistemlerinin de kullanıldığı bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2013). Barmentlo ve ark. (1993), çay ekstraktlarına ultrafiltrasyon uygulandığında, krema bileşenlerinin uzaklaştırılmadığını ve ekstraktın 5°C'de hala bulanık ve verimin düşük olduğunu gözlemlemiştir. Ultrafiltrasyon işleminin tek başına kullanıldığı yöntemlerdeki olumsuzlukları gidermek için, Barmentlo ve

ark. (1993), sıcak çay ekstraktının önce tannazla işlendiği ve daha sonra UF'den geçirildiği ve takiben isteğe bağlı olarak mikrofiltrasyon (MF) gibi ikinci bir filtrasyon işleminin kullanıldığı enzim-membran yönteminin kullanılabileceğini önermiştir. Bu işlem sonucu elde edilen ekstraktlardan suda nrlğ daha yüksek toz ürünlerin üretildiği de belirtilmiştir. Ultrafiltrasyon işlemi, MWCO'su 30–500 kDa olan bir membran kullanılarak tercihen 5°C ile 40°C arasındaki bir sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Kaliteyi daha da artırmak için, UF işleminden elde edilen çay ekstraktı, düşük bir sıcaklıkta (0-20°C) MF'den (gözenek boyutu 0.01 ila 100 m) geçirilmiştir. Bu şekilde elde edilen çay ekstraktı, daha sonra, toz ürün haline getirmek için konsantre edilmiş ve kurutulmuştur (Kumar ve ark., 2013).



3. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışmasında; siyah çay lifinden ekstrakt üretimi ve elde edilen çay lifi ekstraktlarında sıcakta çözünen maddelerin soğukta çözünmez duruma gelmeleri nedeniyle oluşan çay kreması miktarını, acı tat ve burukluğu azaltmak ve önlemek suretiyle berrak bir ürün elde etmek amaçlanmıştır.

3.1. Materyal

Denemelerde kullanılan siyah çay lifleri, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize ilinde kurulu bulunan Rize Eksrakt Üretim San. ve Tic. A.Ş. firmasından 2021 yılı çay sezonunda üretilen (Mayıs-Ekim) çaylardan doğrudan temin edilmiştir. Çay lifleri kullanılıncaya kadar ağzı kilitli polietilen (PE) torbalar ve oluklu mukavva karton koli içerisinde oda koşullarında serin ve kuru bir yerde muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çay lifi ve muhafazası

Çay lifinden elde edilen ekstraktlara uygulanan toz haldeki tannaz (TANNASE-KT05R, enzim aktivitesi 5000 U/g) enzim preparatı doğrudan üretici firma olan “Kikkoman Biochemifa Company (Japonya)” şirketinden temin edilmiştir (Şekil 3.2.).

Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktlarında bulanıklık ölçümleri, 28x60 mm, 20 mL lik küvet kullanılarak “WTW 430 IR/T LS Flex (Almanya)” model bulanıklık ölçer (nefelometre)’de gerçekleştirilmiştir. Bu çay ekstraktlarının renk ölçümleri ise “Minolta Spektrofotometre

CM-5 (Japonya)” model renk ölçer ile yapılmıştır. Spektrofotometrik ölçümler ise “Rayleigh marka VIS -723G” model spektrofotometre cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Tannaz enzim preparatı (Kikkoman, Tannase-KT05R)

Çay lifinden ekstrakt üretiminde yapılan demleme işleminde ve ekstraktların seyreltme işlemlerinde saf su kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Çay Lifinden Ekstrakt Üretimi

Çay lifinden ekstrakt üretiminde ilk aşama olan demleme aşamasında; öncelikle, demlemede kullanılacak çay lifi:su oranı yapılan ön denemelerle belirlenmiş ve çay lifinin aşırı derecede su çekmesi nedeniyle en uygun çay lifi:su oranının 1:50 olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, 1000 L’lik ısıya dayanıklı (pyrex) bir cam beher içerisine 10 gram kuru madde içerecek miktarda çay lifi tartılmış ve üzerine 95°C sıcaklıkta 490 mL saf su ilave edilmiştir. Demleme işleminde, sıcaklık kontrolü “IKA C-MAG HS 7” model termostat kontrollü ısıtıcılı bir manyetik karıştırıcı (Şekil 3.3.) ile takip edilmiş (95°C) ve 15 dakika süreyle demleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4.). Çay lifi ekstraksiyonun uygun bir şekilde gerçekleşebilmesi için karışım her 5 dakikada bir cam baget yardımıyla karıştırılmıştır. Demleme ile çay lifindeki renk, tat ve aroma bileşenlerinin suya geçmesi sağlanmış ve çay lifi ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Çay lifinin ısıtıcılı manyetik karıştırıcılı ile demlenmesi



Şekil 3.4. Çay lifinin ekstraktraksiyonu (95°C, 15 dakika)

Çay lifi, 95°C’de 15 dakika süre ile demlendikten sonra kaba filtre kağıdı kullanılarak (50 g/m² teknik filtre kağıdı) süzölmüş ve çay lifi ekstrakt kısmından ayrılmıştır. Elde edilen çay lifi ekstraktı ikinci kez yine kaba filtre kağıdı kullanılarak süzölmüştür.

Çay lifinden ekstrakt üretiminde ikinci aşama ise çay lifi ekstraktlarına tannaz (5.000 U/g) uygulamasıdır. Filtre edilen çay lifi ekstraktları, tannaz uygulamadan önce, inkübasyon sıcaklıklarına (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C) kadar soğuk su banyosu içerisinde soğutulmuş ve soğutulan çay lifi ekstraktları 0.1N NaOH ya da 0.1N HCl çözeltisi ile istenilen pH (pH 2, pH 5 ve pH 8)’lara kadar ayarlanmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Çay lifi ekstraktlarının pH'larının ayarlaması

Süzülen ve pH'sı ayarlanan çay lifi ekstraktlarına %0.005, %0.25 ve %0.5 (w/v) oranında toz formda tannaz (TANNASE-KT05R, enzim aktivitesi 5.000 U/g) ilave edilerek cam bir baget yardımıyla karıştırılmıştır. Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktları 10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C sıcaklıklarda 30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika süreyle “Memmert IN110” model inkübatör (20°C, 35°C, 50°C ve 60°C) ya da soğuk hava koşullarında (10°C) bekletilmiştir (Şekil 3.6.). Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktları bu süreler içerisinde her 15 dakikada bir cam baget yardımıyla karıştırılmıştır.



Şekil 3.6. Tannaz uygulanan çay lifi ekstraktlarının bekletildiği inkübatör

Daha sonra, tannaz uygulanan çay lifi ekstraktları, enzimleri inaktif hale getirmek amacıyla, sıcak su banyosu içerisinde 95°C'de 15 dk süreyle tutulmuştur. Takiben tannaz uygulanmamış ve uygulanmış çay lifi ekstraktlarında aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Analiz Metodları

Tannaz uygulanmamış ve uygulanmış çay lifi ekstraktlarında krema miktarı (%), SÇKM (°briks), bulanıklık değeri (NTU), transmittans (%T), toplam renk (%) ve renk değerleri (L^* , a^* , b^* , C^* , h) ölçümleri gerçekleştirilmiş ve ölçümler 10'ar kez tekrarlanmıştır. Bu analizler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.2.2.1. Çay Kreması Miktarı

Tanaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, çay kreması içeriğini belirlemek amacıyla, 15 mL'lik konik tabanlı vidalı kapaklı santrifüj tüpleri içerisine 10 mL ekstrakt konularak “Centurion K241R Pro-Research” marka santrifüjde (Şekil 3.7.) 6000 rpm'de 8°C'de 20 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüjleme işlemi sonucunda, üstteki berrak kısım aktarılarak diğer analizlerde kullanılmış, santrifüj tüpü içerisinde geriye kalan çay kreması (çökelti) “Weightlab WF-HT125” model etüvde 105°C'de 6 saat süreyle kurutulmuş ve tartılmıştır. Sabit tartıma gelinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiş ve çay kreması miktarı (g/100 mL) 100 mL çay lifi ekstraktındaki çökeltinin ağırlığı şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 3.7. Centurion K241R Pro-Research marka santrifüj cihazı

3.2.2.2. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı

Tanaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, suda çözünür kurumadde (SÇKM) miktarı, “Atago PAL-BX/RI” model dijital refraktometre (hassasiyet: 0.01 °briks) kullanılarak (Şekil 3.8.) $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 'de belirlenmiş ve sonuçlar °briks olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.8. Atago PAL-BX/RI model dijital refraktometre

3.2.2.3. *Bulanıklık Değeri*

Tannaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, bulanıklık değeri ölçümleri 20 mL lik 28x60 mm ebatlarında silindirik küvet kullanılarak “WTW 430 IR/T LS Flex” model bulanıklık ölçer (nefelometre) (hassasiyet: ölçülen değerin $\pm\%2$) kullanılarak (Şekil 3.9) gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar NTU (Nephelometric Turbidity Unit) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.9. WTW 430 IR/T LS Flex model bulanıklık ölçer

3.2.2.4. *Transmittans Değeri*

Tannaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, transmittans değerleri (Şekil 3.10) Rayleigh marka VIS -723G” model spektrofotometre cihazında 10 mm ışık yoluna sahip

kuvars küvet yardımıyla 460 nm’de saf suya karşı ölçüm gerçekleştirilmiş ve sonuçlar doğrudan %T olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Rayleigh marka VIS -723G model spektrofotometre cihazı

3.2.2.5. Toplam Renk Değeri

Tannaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, toplam renk değerlerinin belirlenmesi için, 1 mL çay lifi ekstraktı üzerine 9 mL saf su ilave edilmiş ve metil alkol ile 25 mL’ye tamamlanmış ve “Rayleigh marka VIS -723G” model spektrofotometre cihazında 10 mm ışık yoluna sahip kuvars küvet yardımıyla 460 nm’de saf suya karşı ölçüm gerçekleştirilmiştir. Toplam renk değeri aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Roberts, 1958).

$$\text{Toplam Renk Değeri} = 6.25 \times 4E$$

Burada;

E= 460 nm’de ölçülen absorbans değeri

3.2.2.6. Renk Değerleri (L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue)

Tannaz uygulanan ya da uygulanmayan çay lifi ekstraktlarında, renk değeri (L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue) ölçümleri, masaüstü “Konica Minolta Spectrophotometer CM-5” model renk ölçüm cihazı (Şekil 3.11.) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri CIELAB sistemine göre D65 ve 10° görüş açısına uygun olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık),

b^* (sarılık), Chroma (Doygunluk, C^*) ve hue (ton rengi, h) değerleri olarak ifade edilmiştir (Erzinli, 2020).



şekil 3.11. Konica Minolta Spectrophotometer CM-5 model renk ölçüm cihazı

3.3. İstatistiksel Analiz

Denemelerden elde edilen bulgular, SAS istatistiksel analiz paket programı (SAS® 9.4 on Windows, SAS Institute Inc.; SAS, 2022) kullanılarak tesadüf parselleri deneme planına göre varyans analizine tabi tutulmuş, farklı bulunan değerler Duncan oklu karşılaştırma yöntemi ile belirlenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki ise korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, 0.05 güven sınırına göre birbirinden farklı önemli bulunan değerler, ilgili tablolarda farklı harflerle işaretlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çay lifi demleme yöntemi (pH, sıcaklık, süre, çay lifi/su oranı), elde edilen çay ekstraktının görünüşü, acılığı-burukluğu, dem rengi ve aroması üzerinde etkilidir. Bu kısımda; demleme sonrasında tannaz uygulanan (%0.005, %0.25 ve %0.5) çay ekstraktlarının kalite özelliklerine (krema miktarı, SÇKM, transmittans, bulanıklık, toplam renk ve renk değerleri) etkisine ilişkin elde edilen bulgular aşağıda ilgili kısımlarda verilmiştir.

4.1. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Krema Miktarı Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (EK) (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların krema miktarları (%) üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.-4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.1.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük krema miktarının %0.002 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay lifi ekstraktlarındaki en yüksek krema miktarının ise %0.085 ile 10°C, pH 2 ve 120 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çaylarda bulanık bir görünüme ve çökeltiye ve aynı zamanda tatta zayıflama ve yavanlaşmaya sebep olan kremanın düşük olması kaliteyi ve tüketici kabul edilebilirliğini artırmaktadır (Altan, 1997).

Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların krema miktarları (%) üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının krema miktarı (%) üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Krema Miktarı (%)		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	0.084 ^{ab}	0.080 ^{a-c}	0.069 ^{c-k}
		75	0.080 ^{a-e}	0.078 ^{a-f}	0.070 ^{c-k}
		120	0.085 ^a	0.080 ^{a-e}	0.070 ^{c-k}
	5	30	0.080 ^{a-e}	0.070 ^{c-k}	0.060 ^{l-s}
		75	0.060 ^{h-q}	0.050 ^{o-y}	0.040 ^{w-e}
		120	0.078 ^{a-f}	0.053 ^{m-w}	0.045 ^{t-c}
	8	30	0.083 ^{a-c}	0.075 ^{a-g}	0.070 ^{c-k}
		75	0.070 ^{c-k}	0.049 ^{p-y}	0.040 ^{w-e}
		120	0.072 ^{a-j}	0.065 ^{f-n}	0.050 ^{o-y}
20	2	30	0.065 ^{f-n}	0.058 ^{i-s}	0.055 ^{l-v}
		75	0.064 ^{g-o}	0.055 ^{l-v}	0.052 ^{n-x}
		120	0.058 ^{j-u}	0.045 ^{t-c}	0.040 ^{w-e}
	5	30	0.050 ^{o-y}	0.040 ^{w-e}	0.045 ^{t-c}
		75	0.062 ^{g-q}	0.050 ^{o-y}	0.030 ^{e-k}
		120	0.055 ^{l-v}	0.040 ^{w-e}	0.035 ^{z-e}
	8	30	0.063 ^{g-p}	0.057 ^{k-u}	0.052 ^{n-w}
		75	0.063 ^{g-p}	0.058 ^{i-s}	0.055 ^{l-v}
		120	0.052 ^{n-x}	0.047 ^{r-z}	0.040 ^{w-e}
35	2	30	0.040 ^{w-e}	0.041 ^{v-e}	0.015 ^{l-p}
		75	0.040 ^{w-e}	0.028 ^{f-l}	0.020 ⁱ⁻ⁿ
		120	0.041 ^{v-e}	0.020 ⁱ⁻ⁿ	0.019 ⁱ⁻ⁿ
	5	30	0.016 ^{l-o}	0.012 ^{m-q}	0.004 ^{o-q}
		75	0.011 ^{n-q}	0.008 ^{n-q}	0.002 ^q
		120	0.044 ^{u-d}	0.009 ^{n-q}	0.003 ^{pq}
	8	30	0.031 ^{c-j}	0.032 ^{a-i}	0.031 ^{c-j}
		75	0.031 ^{c-j}	0.025 ^{g-m}	0.017 ^{k-n}
		120	0.070 ^{c-k}	0.012 ^{m-q}	0.017 ^{j-n}
50	2	30	0.062 ^{g-q}	0.044 ^{u-e}	0.037 ^{y-e}
		75	0.055 ^{l-v}	0.050 ^{o-y}	0.047 ^{r-z}
		120	0.050 ^{o-y}	0.051 ^{n-x}	0.043 ^{v-e}
	5	30	0.027 ^{f-l}	0.024 ^{g-m}	0.025 ^{g-m}
		75	0.041 ^{v-e}	0.030 ^{d-j}	0.021 ^{h-n}
		120	0.045 ^{t-c}	0.035 ^{z-e}	0.031 ^{b-i}
	8	30	0.031 ^{c-j}	0.035 ^{z-e}	0.031 ^{b-i}
		75	0.038 ^{x-e}	0.027 ^{f-l}	0.024 ^{g-m}
		120	0.040 ^{w-e}	0.034 ^{z-g}	0.030 ^{d-j}
60	2	30	0.081 ^{a-d}	0.067 ^{d-l}	0.064 ^{f-n}
		75	0.074 ^{a-h}	0.046 ^{r-z}	0.048 ^{r-z}
		120	0.080 ^{a-e}	0.071 ^{b-j}	0.065 ^{f-n}
	5	30	0.067 ^{e-m}	0.046 ^{s-a}	0.044 ^{u-d}
		75	0.078 ^{a-f}	0.045 ^{t-a}	0.043 ^{v-e}
		120	0.072 ^{a-i}	0.045 ^{t-c}	0.040 ^{w-e}
	8	30	0.071 ^{c-k}	0.064 ^{f-n}	0.060 ^{i-q}
		75	0.070 ^{c-k}	0.063 ^{g-o}	0.060 ^{h-q}
		120	0.068 ^{d-l}	0.059 ^{t-t}	0.055 ^{l-v}

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Bu sonuçlara göre; çay lifi ekstraktlarındaki en düşük krema miktarının %0.002 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu ve tannaz konsantrasyonu arttıkça oluşan çay kreması miktarının da çok daha az olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Çalışmalarımızda elde edilen bulgulara benzer şekilde, birçok çalışmada da, tannaz uygulanan çay ekstraktlarının krema miktarları üzerinde; sıcaklığın, inkübasyon süresinin, pH değerinin ve kullanılan enzim konsantrasyonunun önemli bir etkisinin olduğu ve tannaz uygulamasının krema oluşumunu azalttığı belirlenmiştir (Sanderson ve Coggon, 1984; Battessin ve ark., 2008; Lu ve Chen 2008; Chandini ve ark., 2011a; Liang ve Xu, 2003; Ni ve ark., 2015; Yücel, 2017; Liang ve ark., 2022b).

Yapılan çalışmalarda da (Ni ve ark., 2015); tannazın farklı uygulama alanlarına sahip olduğu ve gıda sanayinde en çok kullanım alanın çözünebilir çay ve çay ekstraktı üretiminde olduğu belirtilmiştir. Tannazın; çay kateşinlerinin biyotransformasyonunu kolaylaştırarak ekstraktların antioksidan özelliklerini arttırdığı ve çalışmamızdaki benzer sonuçlar gibi krema oluşumunu azaltarak çay ürünlerinin renk ve duyu özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Ni ve ark., 2015).

Benzer şekilde, Chandini ve ark. (2011)'da; CTC tipi siyah çay kullanarak 1:50 çay: su oranı, 90°C sıcaklıkta ve 40 dakika süre ile elde ettikleri ekstraktlarda tannazın (*Aspergillus heteromorphous*, aktivitesi 350 U/mL siyah çay) krema oluşumunu azalttığını belirlemişlerdir (Chandini ve ark., 2011).

Li ve ark. 2013, siyah çayın ekstraksiyonunda sıcaklığın krema oluşumu üzerine etkisini incelemişler ve 4.3 g/L çay:su oranında 20°C'de yapılan ekstraksiyonda krema oluşumunun gözlenmediğini; 30°C , 50°C, 70°C ve 90°C'de yapılan ekstraksiyonlarda oluşan krema miktarlarının sırasıyla 0.04 g/L, 0.15 g/L, 1.02 g/L ve 1.18 g/L olduğunu saptamışlardır (Li ve ark., 2013).

Liang ve Xu (2003)'da, siyah çayda ekstraksiyon/demeleme sıcaklığının krema miktarı oluşumuna ve ekstraksiyon verimine etkisini inceledikleri çalışmada; tannaz uygulanmayan ekstraktlarda sıcaklığa bağlı olarak çay kreması miktarının arttığını ve benzer şekilde 50°C' nin

altında yapılan ekstraksiyonlarda krema oluşumunun çok düşük olduğunu, bu nedenle krema oluşumu açısından daha stabil ekstratlar elde edebilmek için demleme/ekstraksiyon sıcaklığının 50°C'nin altında olması gerektiğini belirtmişlerdir.

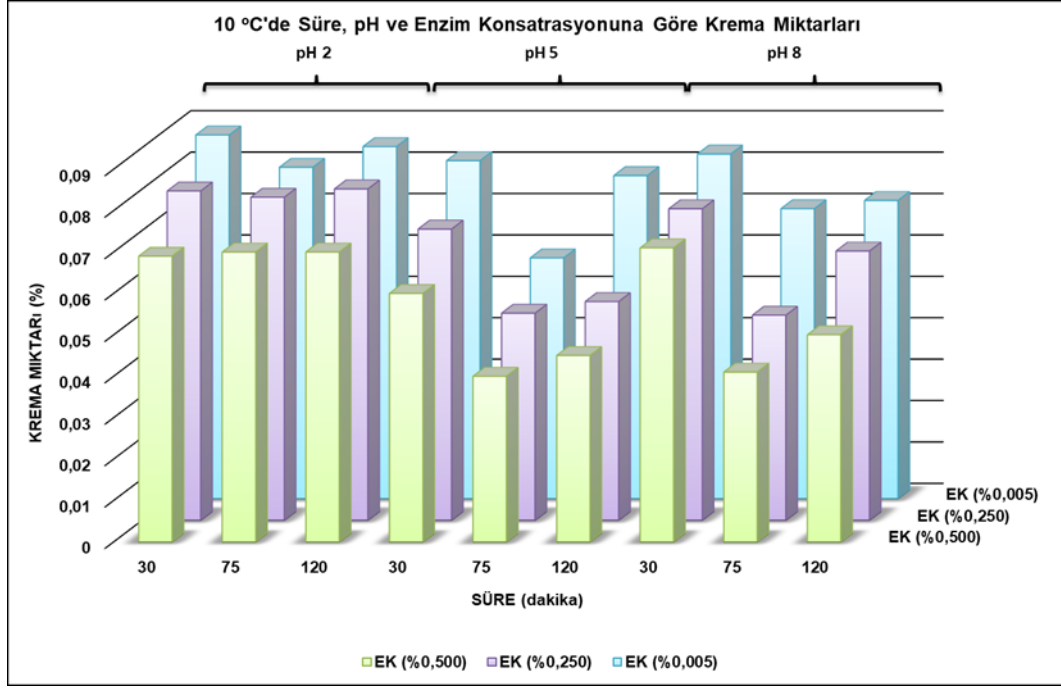
Raghuwanshi ve ark. (2013), CTC ve Orthodox tipi çaylarda tannaz kullanarak çayın kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, CTC ve orthodox tipi çay ekstraktlarının çay kreması miktarlarının kontrol grubunda 0.520 g/100 mL ve 0.390 g/100 mL olduğunu; farklı konsantrasyonlarda enzim uygulanmış CTC ve orthodox tipi çay ekstraktlarında çay kreması miktarlarının ise sırasıyla 0.430-0.081 g/100 mL ve 0.210-0.076 g/100 mL aralığında değişim gösterdiğini, enzim konsantrasyonu arttıkça oluşan krema miktarının daha da azaldığını saptamışlardır. Araştırmamızda elde edilen bulgulara benzer şekilde, Raghuwanshi ve ark. (2013)'nin çalışmasında tannaz uygulamasının işlem koşullarına ve artan tannaz konsantrasyonuna bağlı olarak krema miktarının çok daha fazla azaldığı görülmüştür

Liang ve ark., (2022b); çayın işlenmesinde ve içecek üretiminde; ekstraksiyon, filtrasyon, sterilizasyon, kurutma ve depolamanın çayların duyu kalitesini gözle görülür biçimde etkilediğini ve benzer şekilde bu faktörlerin tamamının çayda krema oluşumu, rengin bozulması ve aroma kalitesi ile yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Sanderson ve Coggon (1984) da, çay ekstraksiyonunda doğal enzimleri ve etkilerini inceledikleri çalışmada da, tannazın çay kremasının daha düşük moleküler ağırlıklı bileşiklere hidrolizinde, bulanıklığın azaltılmasında ve soğuk suda çözünürlüğün artırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular ve yukarıda belirtilen daha önce yapılan çalışmalardan da (Sanderson ve Coggon, 1984; Battessin ve ark., 2008; Lu ve ark., 2009; Chandini ve ark., 2011a; Liang ve Xu, 2003; Ni ve ark., 2015; Yücel, 2017; Liang ve ark., 2022b) görülebileceği gibi; çay ve çay ürünlerinden ekstrakt üretiminde, tannazın çay ekstraktlarının kalitesinin iyileştirilmesinde ve çay kreması oluşumunun azaltılmasında kullanılabileceği görülmüştür. Bu amaçla, düşük kaliteli çaylardan ya da çay lifinden ekstrakt üretiminde, tannaz uygulamasında, işlem koşullarının (sıcaklık, süre, pH ve enzim konsantrasyonu) da elde edilecek ekstratın kalitesi üzerinde etkili olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.1., Şekil 4.1.) ekstraktların krema değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.1’de verilmiştir.

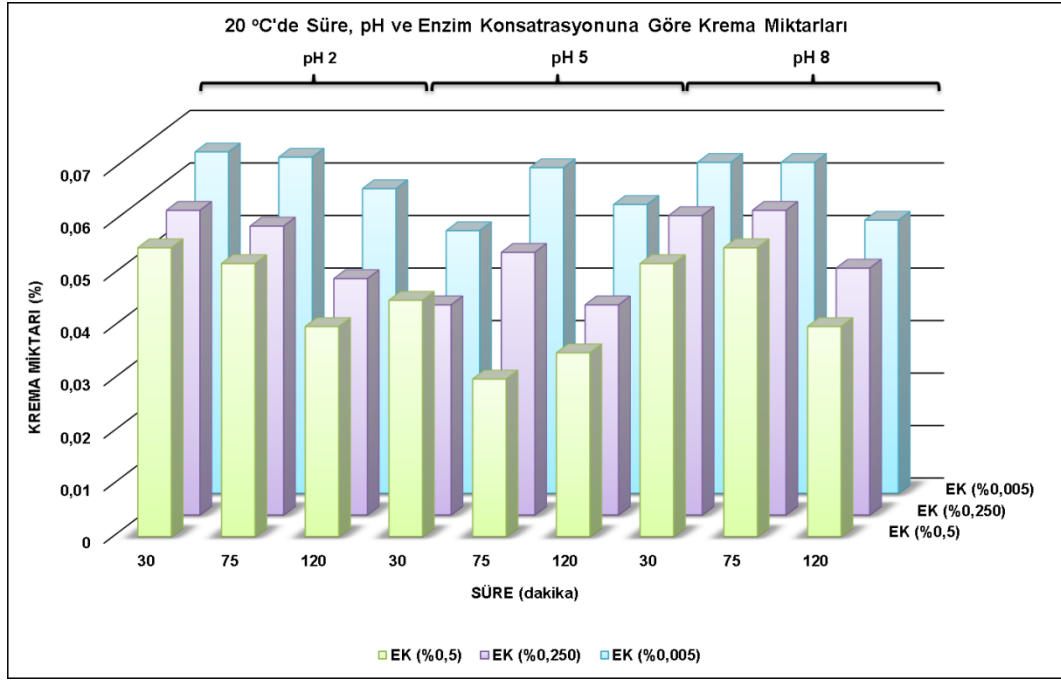


Şekil 4.1. Çay lifinden elde edilen ekstraktların 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki krema oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük krema miktarının (%0.040) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek krema miktarının (%0.085) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 10°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.1., Şekil 4.2.) ekstraktların krema değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.2’de verilmiştir.

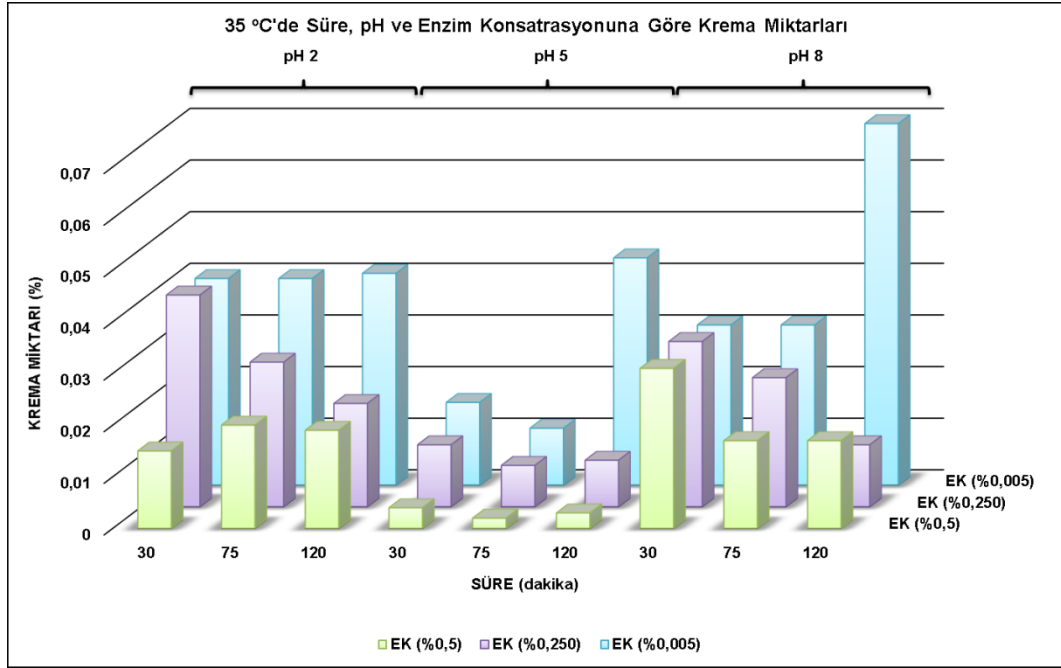


Şekil 4.2. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim

20°C sıcaklıkta en düşük krema miktarının (%0.030) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek krema miktarının (%0.065) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 20°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.2’den görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki krema oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.1., Şekil 4.3.) ekstraktların krema değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.3’de verilmiştir.

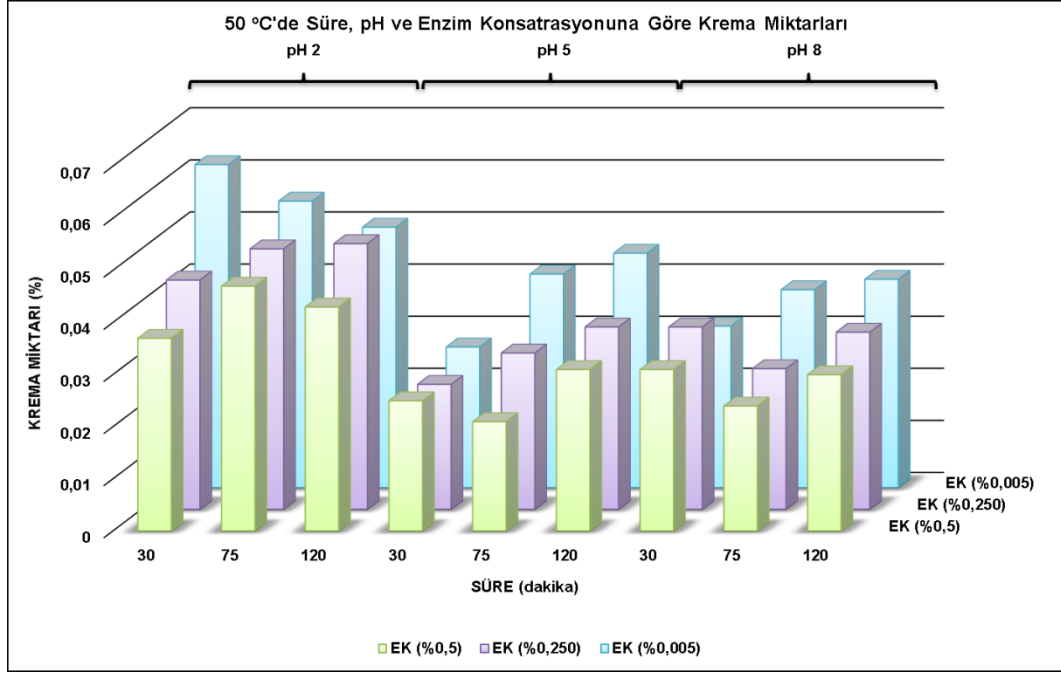


Şekil 4.3. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim

35°C sıcaklıkta en düşük krema miktarının (%0.002) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek krema miktarının (%0.070) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 35°C’de pH 8’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.3’den görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki krema oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süre boyunca demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.1., Şekil 4.4.) ekstraktların krema değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.4’de verilmiştir.

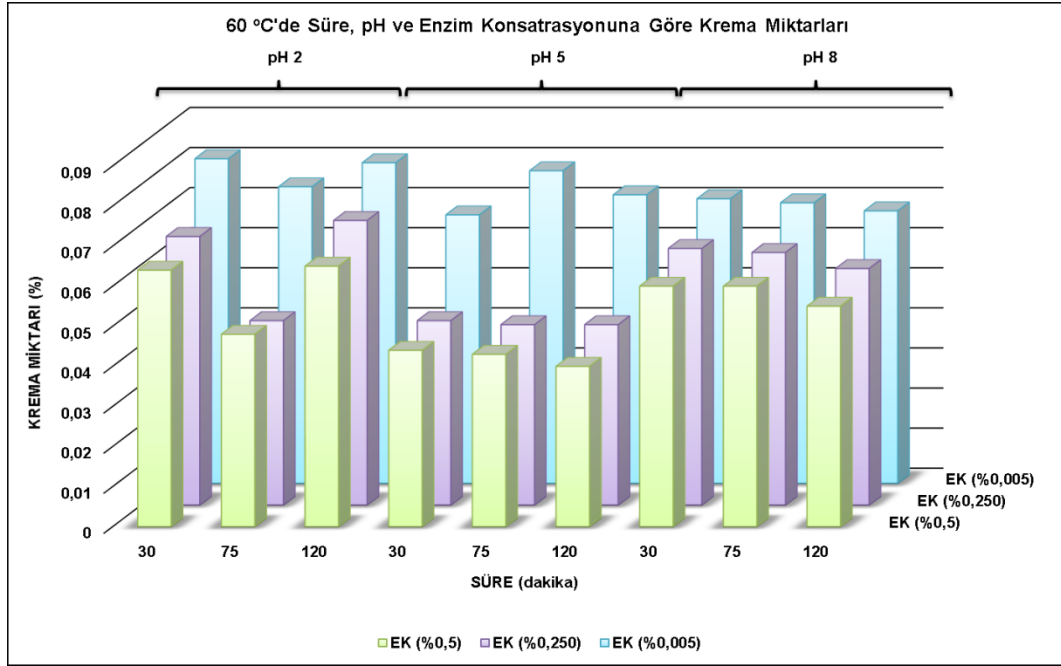


Şekil 4.4. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim

50°C sıcaklıkta en düşük krema miktarının (%0.021) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek krema miktarının (%0.062) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 50°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.4’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki krema oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süre boyunca demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.1., Şekil 4.5.) ekstraktların krema değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre krema miktarlarındaki (%) değişim

60°C sıcaklıkta en düşük krema miktarının (%0.040) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifiekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek krema miktarının (%0.081) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 60°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.5’den görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki krema oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

4.2. Tannaz Uygulamasının ay Lifi Ekstraktının SÇKM Miktarı zerine Etkisi

ay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250. %0.500) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların suda çözüner kuru madde miktarları (°briks) zerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.2. ve Şekil 4.6.-4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.2.'nin incelenmesiyle de görölebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük suda çözüner kuru madde miktarının 0.52°briks ile 60°C, pH 2 ve 120 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. ay lifi ekstraktlarındaki en yüksek suda çözüner kuru madde miktarının ise 1.57°briks ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların suda çözüner kuru madde miktarları (°briks) zerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) ve artan enzim konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraktların SÇKM miktarlarının arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Peterson (1984), çözüner çay üretiminde karbohidraz (SPS-az; çözüner polisakkarit-az) uygulamasıyla, suda çözüner polisakkaritlerin parçalanarak suda çözüner kurumadde miktarlarını arttırdığı ve pektinaz, selölaz, amilaz ve proteaz gibi diğer geleneksel enzimlerle daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen suda çözüner kurumadde miktarlarına göre çok daha yüksek (2 kat daha fazla) olduğunu belirlemiştir.

Tsai (1987), siyah çaydan soğuk suda çözüner kurumaddelerin verimini artırmak amacıyla selölaz, pektinaz ve hemiselölaz gibi enzimlerle birlikte tannaz içeren bir enzim çözeltilerinin de kullanılabileceğini belirtmiştir.

Tablo 4.2. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının SÇKM miktarı (°briks) üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Suda Çözünür Kuru Madde Değerleri (°Brix)		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	0.60 ⁿ	0.70 ^{jk}	0.82 ^{c-e}
		75	0.70 ^{jk}	1.07 ^o	1.11 ^{l-n}
		120	0.74 ⁱ	0.78 ^{gh}	0.81 ^{d-f}
	5	30	1.01 ^{rs}	1.12 ^{j-l}	1.20 ^h
		75	0.71 ^{jk}	0.91 ^{v-x}	1.21 ^h
		120	0.81 ^{d-f}	1.01 ^{rs}	1.11 ^{k-n}
	8	30	0.80 ^{e-g}	0.90 ^{wx}	1.11 ^{l-n}
		75	0.64 ^m	1.02 ^{rq}	1.10 ^{mn}
		120	0.84 ^{z-b}	0.91 ^{wx}	1.04 ^p
20	2	30	0.71 ^{jk}	0.69 ^k	0.82 ^{b-d}
		75	0.74 ⁱ	0.75 ⁱ	0.81 ^{d-f}
		120	0.80 ^{e-g}	0.91 ^{v-x}	1.03 ^{pq}
	5	30	0.80 ^{e-g}	1.20 ^h	1.18 ⁱ
		75	0.83 ^{a-c}	1.00 st	1.30 ^f
		120	0.70 ^{jk}	0.95 ^u	1.24 ^g
	8	30	0.75 ⁱ	1.01 ^{rs}	1.04 ^p
		75	0.86 ^y	1.08 ^o	1.14 ^j
		120	0.79 ^{f-h}	1.10 ⁿ	1.13 ^{jk}
35	2	30	0.89 ^x	1.11 ^{k-n}	1.21 ^h
		75	0.84 ^{v-a}	0.89 ^x	1.11 ^{l-n}
		120	0.92 ^v	1.11 ^{k-n}	1.21 ^h
	5	30	0.95 ^u	1.11 ^{k-n}	1.43 ^c
		75	0.99 ^t	1.12 ^{j-l}	1.57 ^a
		120	0.84 ^{z-b}	1.11 ^{l-n}	1.52 ^b
	8	30	0.81 ^{d-f}	0.91 ^{vw}	1.11 ^{l-n}
		75	0.96 ^u	1.24 ^g	1.36 ^e
		120	1.11 ^{k-n}	1.23 ^g	1.39 ^d
50	2	30	0.61 ⁿ	0.71 ^j	0.75 ⁱ
		75	0.71 ^{jk}	0.78 ^{gh}	0.86 ^y
		120	0.90 ^{wx}	0.91 ^{v-x}	1.11 ^{l-n}
	5	30	0.71 ^{jk}	0.85 ^{yz}	1.11 ^{k-n}
		75	0.85 ^{yz}	1.01 ^{rs}	1.12 ^{j-m}
		120	0.80 ^{e-g}	1.11 ^{k-n}	1.20 ^h
	8	30	0.67 ^l	0.82 ^{b-d}	0.90 ^{wx}
		75	0.80 ^{ef}	0.90 ^{wx}	1.00 st
		120	1.01 ^{rs}	1.10 ⁿ	1.20 ^h
60	2	30	0.80 ^{e-g}	0.81 ^{d-f}	0.90 ^{wx}
		75	0.90 ^{wx}	0.90 ^{wx}	1.01 ^{rs}
		120	0.51 ^o	0.60 ⁿ	0.70 ^{jk}
	5	30	1.01 ^{rs}	1.11 ^{l-n}	1.21 ^h
		75	1.01 ^{rs}	1.11 ^{l-n}	1.21 ^h
		120	0.61 ⁿ	0.78 ^h	0.81 ^{d-f}
	8	30	0.90 ^{wx}	1.01 ^{rs}	1.11 ^{l-n}
		75	0.81 ^{d-f}	1.06 ^o	1.11 ^{l-n}
		120	0.80 ^{ef}	0.81 ^{d-f}	0.61 ⁿ

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Chao ve Chiang (1999) yarı fermente çaylarda kafein kreması oluşumunda kateşinlerin rolünü inceledikleri bir çalışmada; 10:100 çay:su oranında 90°C de 20 dakika demlenen yarı fermente çayda (Paochung) toplam çözünür kurumadde miktarı (SÇKM), kafein miktarı, EGC, EC ve EGCG miktarlarını belirlemişlerdir. Elde edilen ilk ekstraktta, santrifüj edilmiş ekstraktta ve çay kremasında SÇKM miktarının sırasıyla 3.81 g/100 mL, 3.24 g/100 mL ve 0.57 g/100 mL olduğunu belirlemiştir (Chao ve Chiang, 1999).

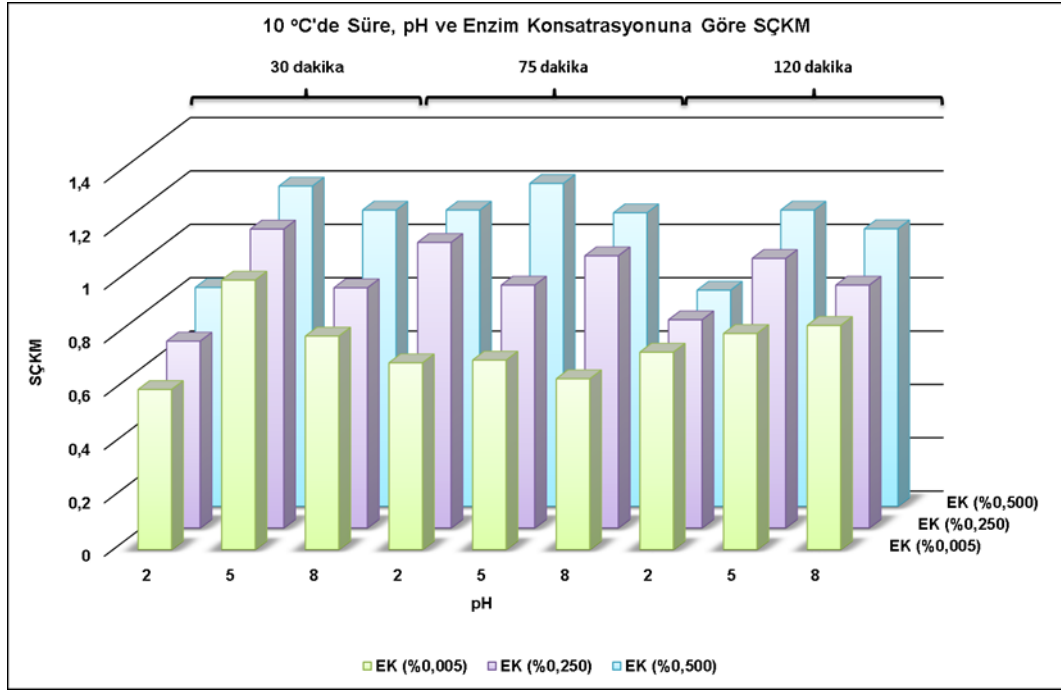
Boadi ve Neufelda (2001) tarafından gerçekleştirilen, çay tanenleri üzerine farklı malzemelerle kaplanmış ya da tutuklanmış tannazın hidroliz etkisinin araştırıldığı çalışmada; çalışmamızda elde edilen bulgularla benzer şekilde, tannazın etkinliğine bağlı olarak çay kremasının azaldığı ve suda çözünür kuru madde miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Chandini ve ark. (2011a), enzim kullanımının çay kalitesinin iyileştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada; çözünür kurumaddelerin ve polifenolik maddelerin miktarının çözücü oranı ve ekstraksiyon süresi ile doğru orantılı olduğunu ve ekstraksiyon koşulları belirlenirken amacın katının en fazla oranda geri kazanılmasına yönelik olduğunu belirtmişlerdir.

Both ve ark. (2014), Kenya’da üretilen siyah çay örneklerinde, ultrasonik yöntemle polifenollerin ekstarksiyonunu araştırdıkları çalışmalarında, 90:10 oranında etanol:su kullanarak 40°C’de yapılan ultrasonik ekstraksiyon denemelerinde kuru madde içeriğinin %2.9’dan %4.3’e yükseldiğini ve kuru madde içeriğinin geleneksel ekstraksiyon yöntemleri ile yapılan çalışmalara göre %30-35 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Balcı-Torun ve ark. (2021), üç farklı sıcaklık (75°C, 85°C ve 95°C), 5 farklı süre (15, 30, 45, 69 ve 90 dakika) ve 2 farklı atık çay/su besleme oranında (1/15 ve 1/20) en uygun ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, en uygun şartların çalışmamızla benzer şekilde 95°C’de 30 dakika süreyle ve 1/15 besleme oranında olduğunu (çalışmamızda ise çay lifi kullanmamız sebebiyle 1:50 oranında) ve elde edilen ekstraktın suda çözünür kuru madde miktarının da 1.8 °briks olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada (Balcı-Torun ve ark., 2021), araştırmamızda elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, sıcaklık derecesi ve sürenin artmasıyla birlikte ekstraktların suda çözünür kurumadde miktarlarının da arttığı tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.2., Şekil 4.6.) çay ekstraktlarının suda çözünür kuru madde (°briks) değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.6’de verilmiştir.

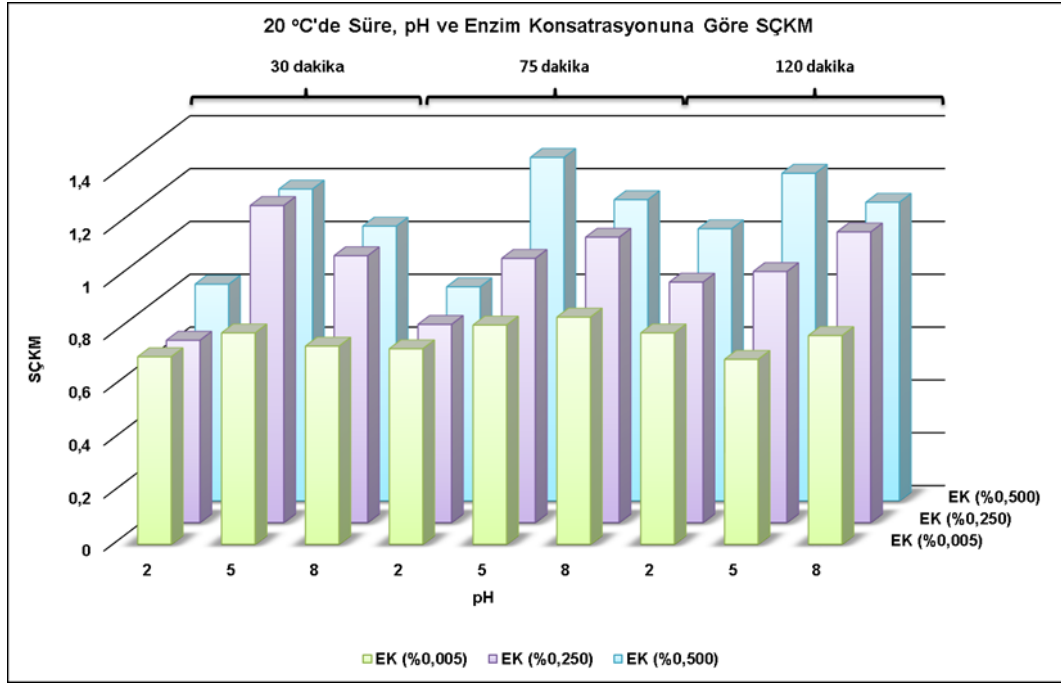


Şekil 4.6. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim

10°C sıcaklıkta en düşük suda çözünür kuru madde miktarının (0.6 °briks) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının (1.21 °briks) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 10°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.6’dan görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki suda çözünür kuru madde oluşumunun arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.2., Şekil 4.7.) ekstraktların suda çözünür kuru madde (°briks) değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.7’de verilmiştir.

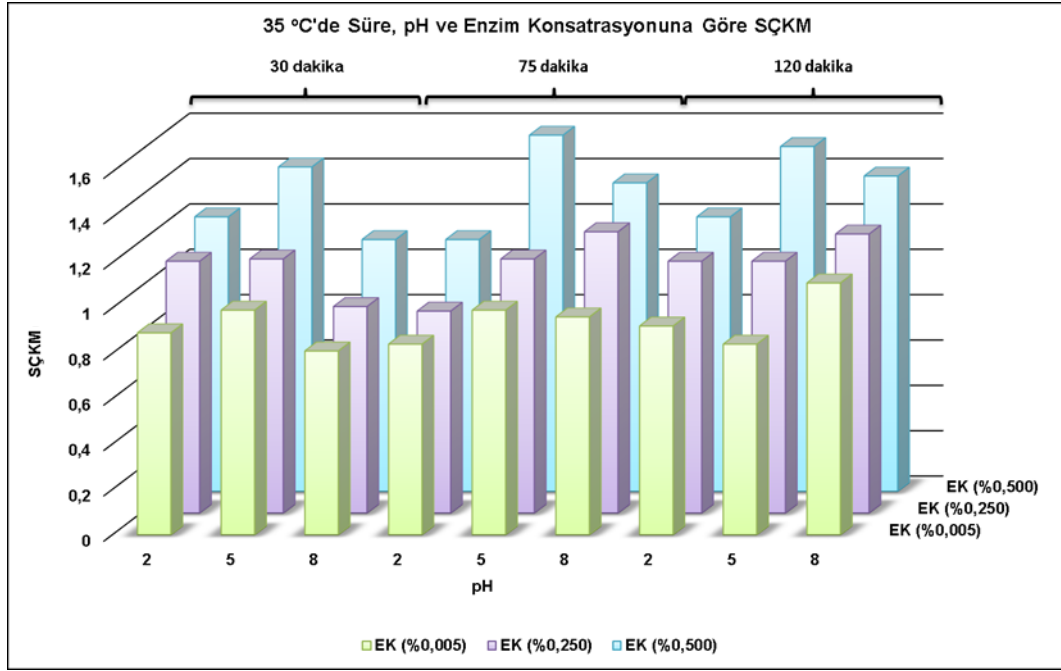


Şekil 4.7. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim

Şekil 4.7’den de görülebileceği gibi; 20°C sıcaklıkta en düşük suda çözünür kuru madde miktarının (0.69 °briks) enzim konsantrasyonunun %0.25 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının (1.3 °briks) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki suda çözünür kuru madde oluşumunun arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.2., Şekil 4.8.) ekstraktların suda çözünür kuru madde değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.8’de verilmiştir.

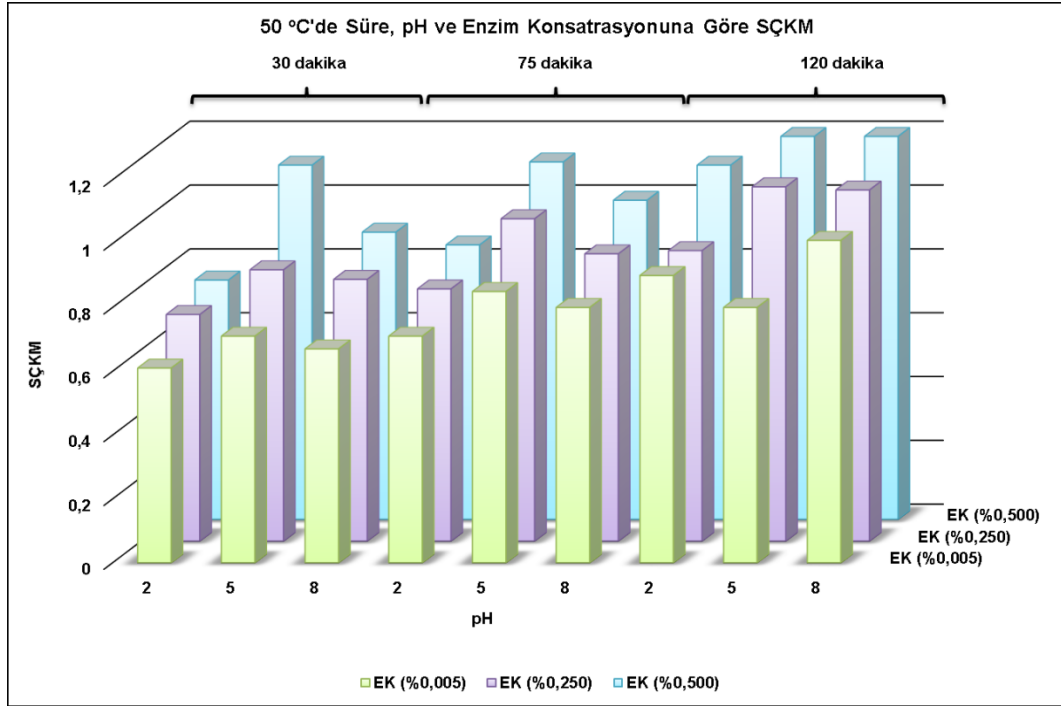


Şekil 4.8. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim

35°C sıcaklıkta en düşük suda çözünür kuru madde miktarının (0.81 °briks) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının (1.57 °briks) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.8’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki suda çözünür kuru madde oluşumunun arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.2., Şekil 4.9.) ekstraktların suda çözünür kuru madde değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.9’da verilmiştir.

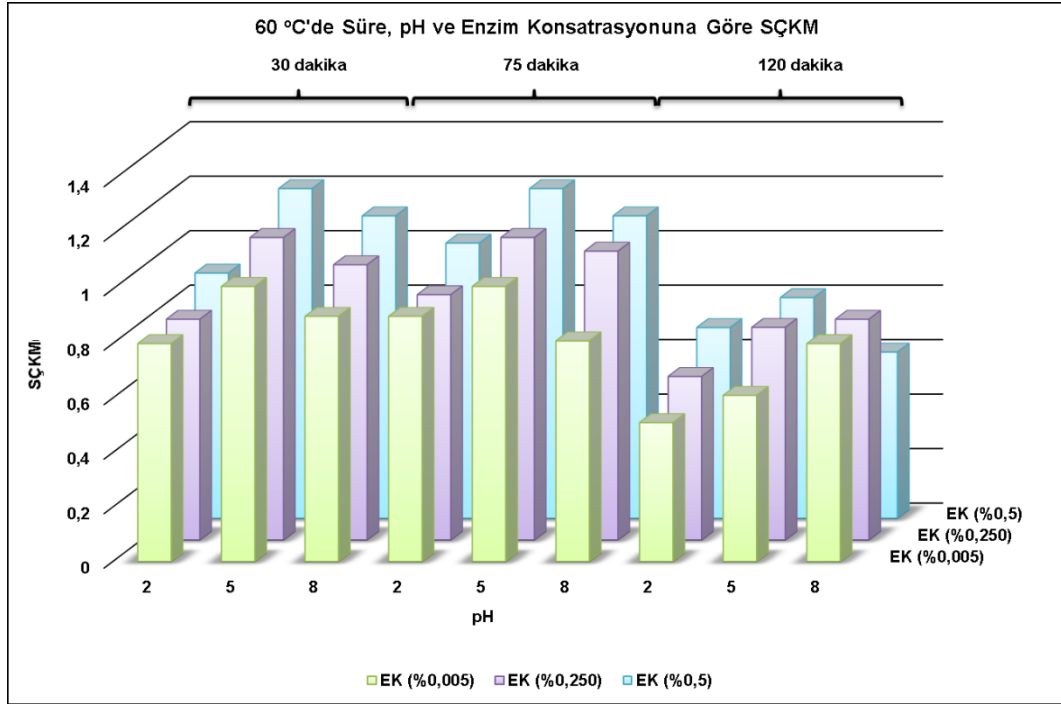


Şekil 4.9. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim

50°C sıcaklıkta en düşük suda çözünür kuru madde miktarının (0.61 °briks) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının (1.2 °briks) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle ve %0.5 ve 50°C’de pH 8’de 120 dakika bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.9’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki suda çözünür kuru madde (°briks) oluşumunun arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.2., Şekil 4.10.) ekstraktların suda çözünür kuru madde değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre SÇKM (°briks) miktarlarındaki değişim

60°C sıcaklıkta en düşük suda çözünür kuru madde miktarının (0.51 °briks) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının (1.21 °briks) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 60°C’de pH 5’de 30 dakika ve 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.10’dan görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki suda çözünür kuru madde oluşumunun azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

4.3. Tannaz Uygulamasının ay Lifi Ekstraktının Bulanıklık Değeri zerine Etkisi

Dolgun aylar soğuyunca bulanık bir görünüm alırlar. Bunun nedeni, sıcakta çözünen maddelerin soğukta çözünmez duruma gelmeleridir. Demleme sonrası soğuyan dolgun çay üzerinde parlak pulcuklar meydana gelir. Açık esmer renk ve kırmızımsı parlak grmn, çay için bir kalite göstergesidir. Koyu renkli, donuk görünümlü pulcuklar ise olumsuz bir kalite göstergesi oluştururlar (Altan, 1997).

Çözünmüş ay imalinde, ekstraktın, santrifüjleme ve süzme sırasındaki sıcaklığı çok önemlidir. Çünkü, tanen-kafein bileşiklerinin çözünürlüğü sıcaklığa bağlı olarak değişir. Sıcaklığın yüksek olması, son ürünün soğukta bulanık bir görünüm almasına; sıcaklığın çok düşük olması ise, çok fazla miktarda tanenin çözünmez hale gelerek ortamdan uzaklaşmasına ve dolayısıyla ürün tadının zayıflamasına neden olur (Altan, 1997).

ay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların bulanıklık değerleri (NTU) zerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.3. ve şekil 4.11.-4.15.'de verilmiştir.

Tablo 4.3.'n incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük bulanıklık değerinin 3.11 NTU ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. ay lifi ekstraktlarındaki en yüksek bulanıklık değerinin ise 4.61 NTU ile hem 10°C, pH 2 ve 30 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz hem de 50°C, pH 2 ve 30 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P < 0.05$) saptanmıştır.

Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların bulanıklık değerleri (NTU) zerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.3. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının bulanıklık değeri (NTU) üzerine etkisi⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Bulanıklık Değerleri (NTU)		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	4.61 ^a	4.40 ^{d-i}	4.31 ⁿ
		75	4.51 ^b	4.43 ^{cd}	4.22 ^{o-r}
		120	4.42 ^{c-f}	4.01 ^x	4.22 ^{p-s}
	5	30	4.21 ^{q-s}	4.11 ^{tu}	4.01 ^x
		75	4.11 ^{tu}	4.07 ^{vw}	3.96 ^y
		120	4.07 ^{vw}	4.01 ^x	3.92 ^z
	8	30	4.31 ⁿ	4.21 ^{q-s}	4.12 ⁱ
		75	4.25 ^o	4.21 ^{p-s}	4.08 ^{u-w}
		120	4.21 ^{q-s}	4.05 ^w	3.94 ^{yz}
20	2	30	4.44 ^c	4.40 ^{d-i}	4.31 ⁿ
		75	4.42 ^{c-e}	4.41 ^{c-h}	4.37 ^{i-k}
		120	4.36 ^{jk}	4.32 ^{mn}	4.31 ⁿ
	5	30	4.43 ^{cd}	4.41 ^{c-h}	4.39 ^{e-j}
		75	4.38 ^{h-k}	4.35 ^{k-m}	4.18 ^s
		120	4.24 ^{o-q}	4.20 ^{rs}	4.31 ⁿ
	8	30	4.41 ^{c-h}	4.38 ^{g-k}	4.36 ^{jk}
		75	4.32 ⁿ	4.32 ^{mn}	4.31 ⁿ
		120	4.21 ^{p-s}	4.21 ^{p-s}	4.21 ^{q-s}
35	2	30	3.81 ^a	3.77 ^b	3.71 ^b
		75	3.61 ^{cd}	3.51 ^f	3.34 ^j
		120	3.51 ^f	3.41 ⁱ	3.39 ⁱ
	5	30	3.62 ^c	3.60 ^{cd}	3.54 ^e
		75	3.51 ^f	3.44 ^{gh}	3.11 ^l
		120	3.32 ^j	3.21 ^k	3.41 ^{hi}
	8	30	3.61 ^{cd}	3.58 ^d	3.54 ^e
		75	3.54 ^e	3.45 ^g	3.41 ^{hi}
		120	3.40 ^{gh}	3.41 ^{hi}	3.40 ⁱ
50	2	30	4.61 ^a	4.41 ^{c-h}	4.31 ⁿ
		75	4.50 ^b	4.44 ^c	4.22 ^{o-r}
		120	4.42 ^{cd}	4.12 ^t	4.21 ^{q-s}
	5	30	4.21 ^{q-s}	4.11 ^{tu}	4.01 ^x
		75	4.10 ^{t-v}	4.08 ^{u-w}	3.92 ^z
		120	4.08 ^{u-w}	4.01 ^x	3.96 ^y
	8	30	4.31 ⁿ	4.20 ^{rs}	4.11 ^t
		75	4.24 ^{op}	4.21 ^{p-s}	4.08 ^{u-w}
		120	4.21 ^{q-s}	4.05 ^w	3.96 ^y
60	2	30	4.44 ^c	4.41 ^{c-h}	4.31 ⁿ
		75	4.41 ^{c-g}	4.41 ^{c-h}	4.36 ^{jk}
		120	4.36 ^{j-l}	4.33 ^{l-n}	4.31 ⁿ
	5	30	4.42 ^{c-f}	4.41 ^{c-h}	4.38 ^{f-k}
		75	4.39 ^{e-j}	4.35 ^{k-m}	4.31 ⁿ
		120	4.24 ^{o-q}	4.21 ^{q-s}	4.19 ^{rs}
	8	30	4.41 ^{c-h}	4.38 ^{gk}	4.37 ^{i-k}
		75	4.32 ^{mn}	4.31 ⁿ	4.30 ⁿ
		120	4.21 ^{p-s}	4.22 ^{p-s}	4.21 ^{q-s}

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Peterson (1984), hazır çay üretiminde enzimatik yöntemi araştırdığı bir çalışmada karbohidraz (SPS-az; çözünür polisakarit-az) enziminin etkinliğini incelemiş ve benzer şekilde enzim uygulanan örneğin bulanıklık değerinin (69 NTU), enzim uygulanmamış örneğin bulanıklık değerine (309 NTU) göre yaklaşık %25'i kadar olduğunu belirlemiştir.

Chandini ve ark. (2011a), siyah çay ekstraktlarında kaliteyi artırmak amacıyla farklı enzim uygulamalarını araştırdıkları çalışmada da; araştırmamızda elde edilen bulgular gibi, tannaz uygulanan ekstraktlarda bulanıklığın (4.2-5.6 NTU) kontrol örneklerine (15.2 NTU) göre çok daha düşük olduğu belirlenmiştir.

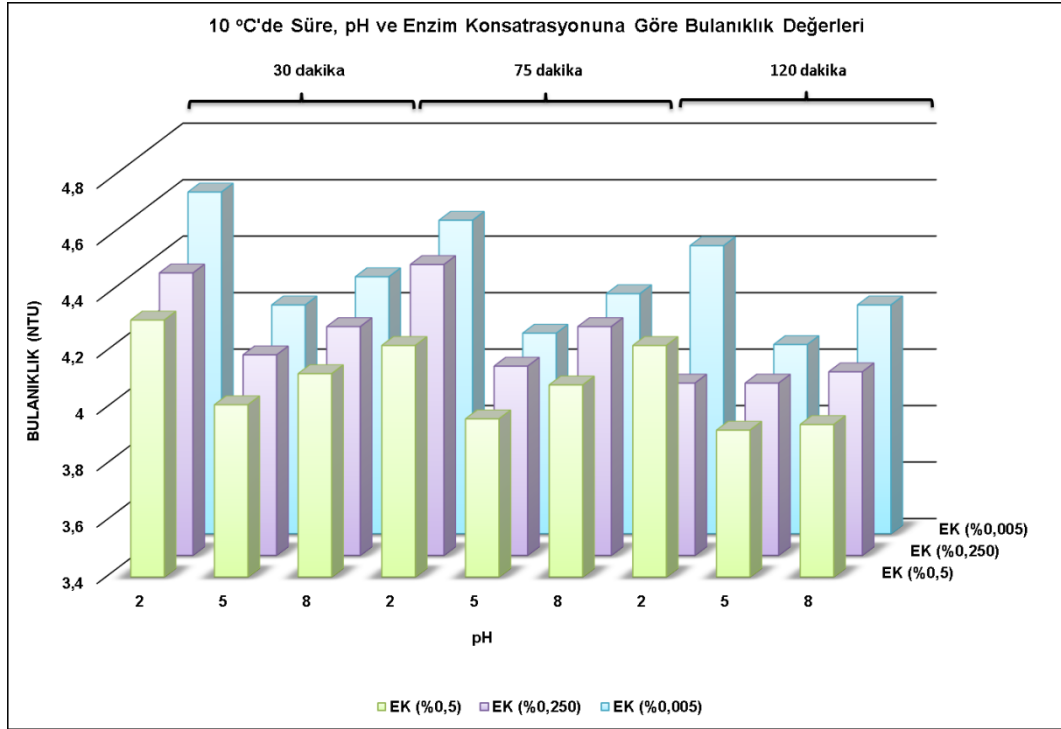
Chandini ve ark. (2011b)'de, CTC tipi siyah çay ekstraktlarında kontrol grubunda bulanıklık değerini 32.8 NTU; tannaz (10 ve 20 U/g-siyah çay) uygulananlarda bulanıklık değerini sırasıyla 30.5 NTU ve 31.4 NTU olarak belirlemişlerdir.

Benzer şekilde, Kikkoman, (2022)'da tannazın, içime hazır (RTD) çay içecekleri, hazır çay (instant tea) ve çay konsantresi üretiminde bulanıklığı ve krema oluşumunu (tortu) önlediğini (Kikkoman, 2022) ve bulanıklığın çaydaki kafein ile gallatlı polifenollerin oluşturduğu kompleks yapıdan kaynaklandığını belirtmiştir.

Mitsubishi (2022), çayın kalitesini iyileştirmek (acılığı azaltmak) ve çaydaki tanen nedeniyle bulanıklık oluşumunu önlemek amacıyla, çay ekstraktına tanen konsantrasyonuna göre, araştırmamıza benzer şekilde yaklaşık %0.005 ila %0.2 oranında tannaz ilave edildiğini ve 30-40°C'de 0.5-1.0 saat süreyle karıştırılarak inkübasyona bırakılması gerektiğini belirtilmiştir.

Boadi ve Neufelda (2001), çay tanenlerinin hidrolizinde tannaz etkinliğini araştırmışlar ve çay ekstraktının 23°C de ölçülen bulanıklık değerinin 400 NTU, tannaz uygulanan ekstraktlarda ise 75 NTU olduğunu ve araştırmamızda da belirlediğimiz gibi tannaz uygulamasının bulanıklığı azalttığını belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, 7 gün süreyle 5°C'de depolanan kontrol ve tannaz uygulanan örneklerde bulanıklık değerinin sırasıyla 802 ve 237 NTU; 7 gün süreyle 5°C'de depolanan ve takiben santrifüj edilen kontrol ve tannaz uygulanan örneklerde bulanıklık değerinin sırasıyla 480 ve 128 NTU olduğunu belirlemişlerdir (Boadi ve Neufelda (2001)).

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.3., Şekil 4.11.) ekstraktların bulanıklık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.11’de verilmiştir.

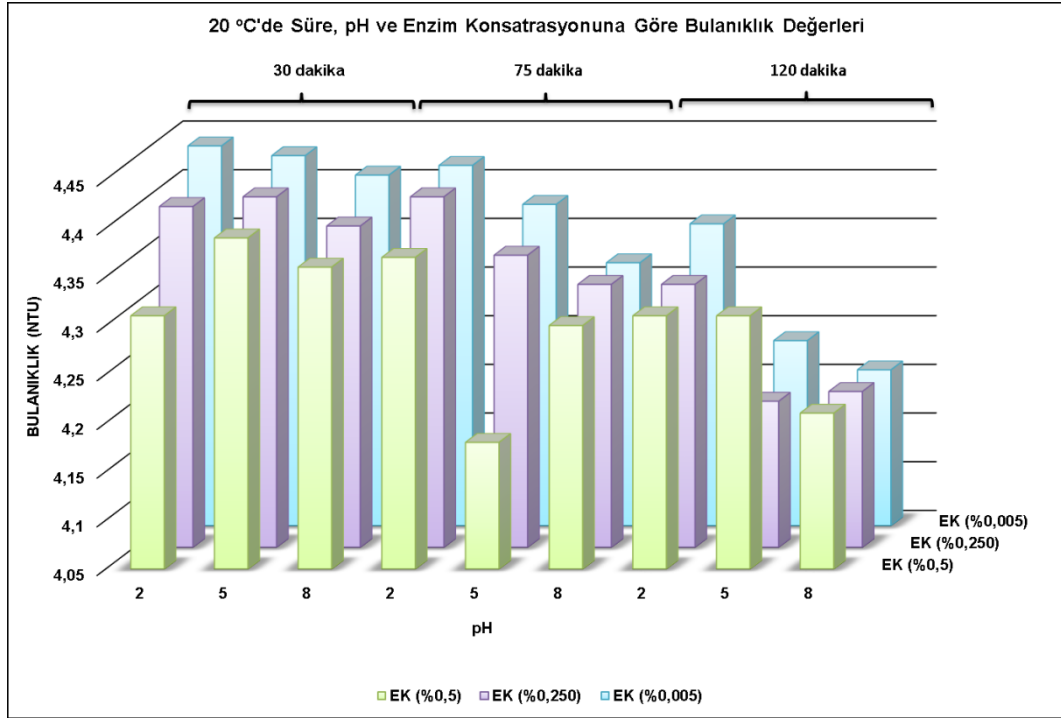


Şekil 4.11. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim

10°C sıcaklıkta en düşük bulanıklık değerinin (3.92 NTU) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek bulanıklık değerinin (4.61 NTU) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 10°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.11’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki bulanıklık değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.3., Şekil 4.12.) ekstraktların bulanıklık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.12’de verilmiştir.

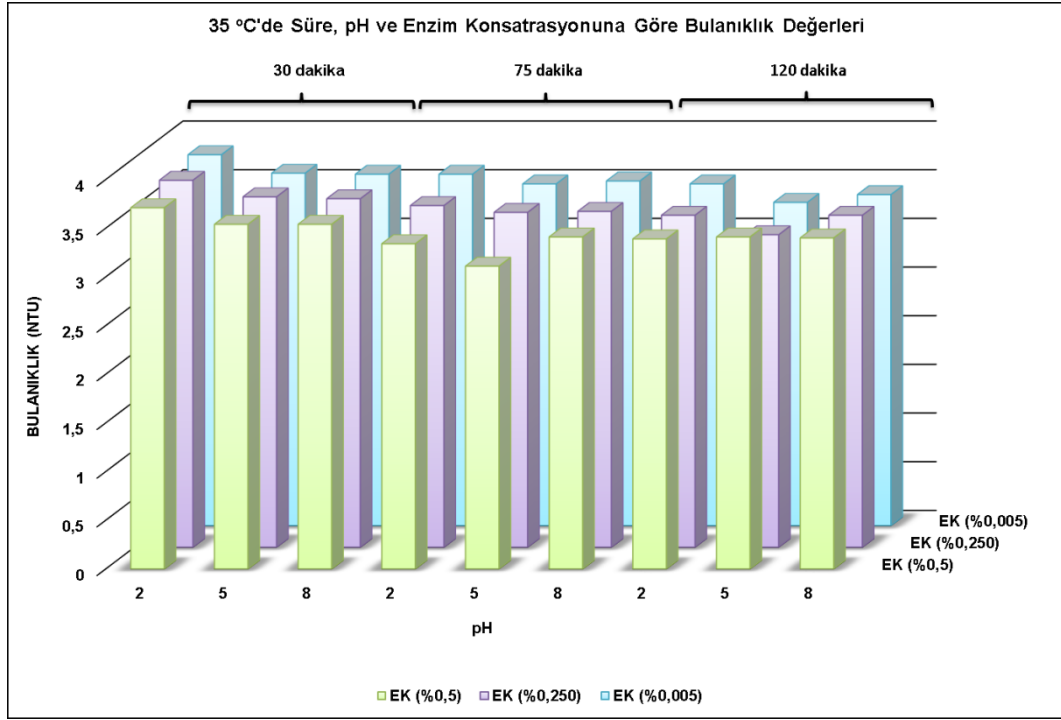


Şekil 4.12. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim

Şekil 4.12’den de görülebileceği gibi; 20°C sıcaklıkta en düşük bulanıklık değerinin (4.18 NTU) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek bulanıklık değerinin (4.44 NTU) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 20°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki bulanıklık değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.3., Şekil 4.13.) ekstraktların bulanıklık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.13’de verilmiştir.

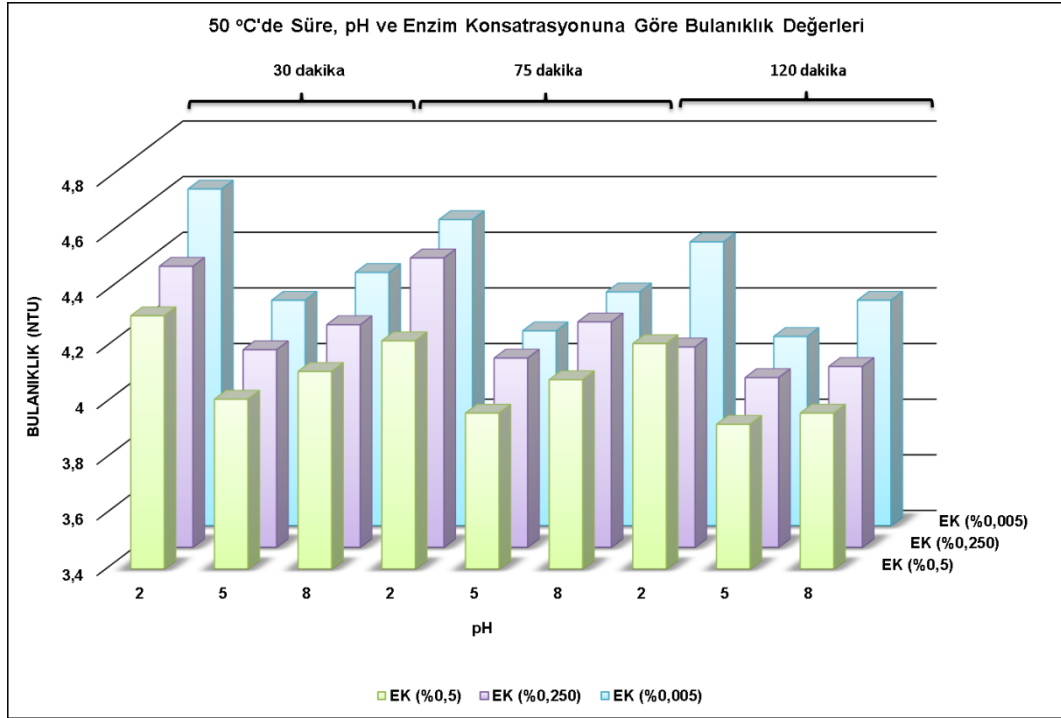


Şekil 4.13. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim

Şekil 4.13’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki bulanıklık değerinin azaldığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) saptanmıştır.

35°C sıcaklıkta en düşük bulanıklık değerinin (3.11 NTU) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek bulanıklık değerinin (3.81 NTU) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 35°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.3., Şekil 4.14.) ekstraktların bulanıklık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.14’da verilmiştir.

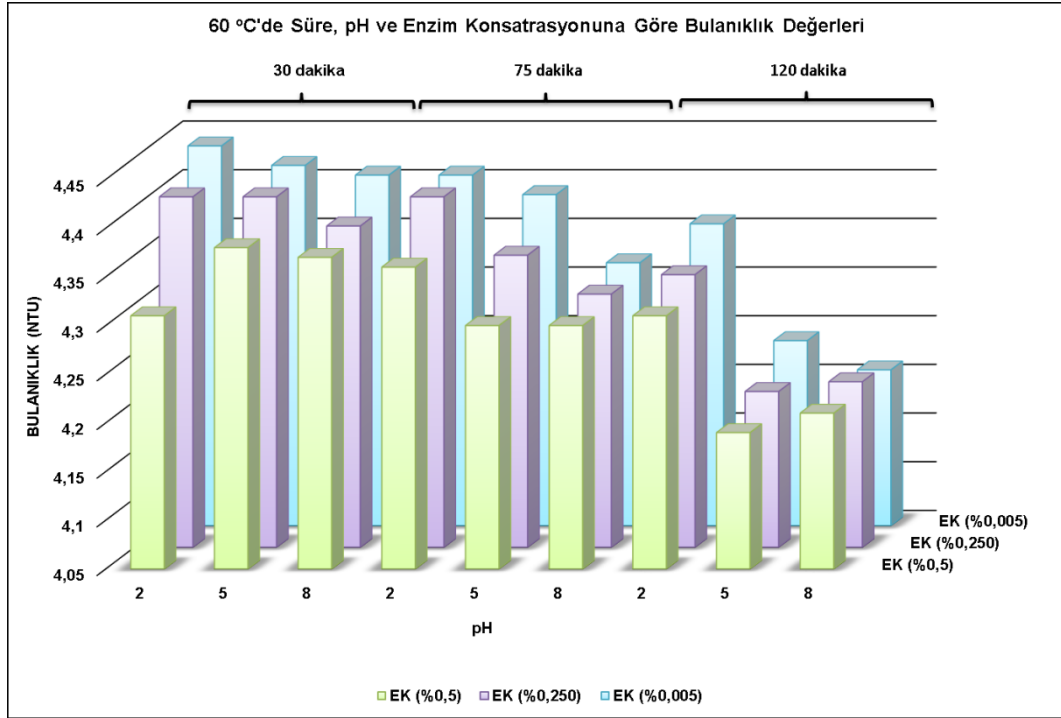


Şekil 4.14. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim

Şekil 4.14’den de görülebileceği gibi; 50°C sıcaklıkta en düşük bulanıklık değerinin (3.92 NTU) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek bulanıklık değerinin (4.61 NTU) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 50°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki bulanıklık değerinin azaldığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.3., Şekil 4.15.) ekstraktların bulanıklık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre bulanıklık (NTU) değerindeki değişim

60°C sıcaklıkta en düşük bulanıklık değerinin (4.19 NTU) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek bulanıklık değerinin (4.44 NTU) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 60°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.15’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki bulanıklık değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

4.4. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Transmittans Değeri Üzerine Etkisi

İçerisinde organik moleküller bulunan bir çözeltiden ya da sıvıdan UV-görünür bölge ışınları geçirilirse, çözelti ya da sıvı bu ışınların bir kısmını absorplar ya da diğerlerini ise çok az geçirir. Herhangi bir çözeltiden ya da sıvıdan çıkan ışık şiddetinin çözeltiye giren ışık şiddetine oranı (I/I_0), transmittans (T) olarak tanımlanır ve genellikle %Transmittans (%T) olarak ifade edilir.

Çay ekstraktı ya da bunlardan üretilen içeceklerde (çözünür çay, RTD çay, soğuk çay vb.), ürün kalitesi açısından, tortu oluşmaması, bulanık bir yapıda olmaması ve berrak bir görünüme sahip olması istenmektedir.

Bu amaçla, bu tür ürünlerde beraklığın ya da bulanıklığının belirlenmesinde türbidimetre (nefelometre) cihazı ile ışık geçirgenlikleri (%transmittans) belirlenmekte ya da spektrofotometrik olarak belirli dalga boylarında (660 nm vb.) ölçüm yapılmaktadır (Kola, 2005).

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların transmittans değerleri (%T) üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.4. ve Şekil 4.16.-4.20.'de verilmiştir.

Tablo 4.4.'ün incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük transmittans değerinin %70.88 ile 35°C, pH 8 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay lifi ekstraktlarındaki en yüksek transmittans değeri ise %96.21 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

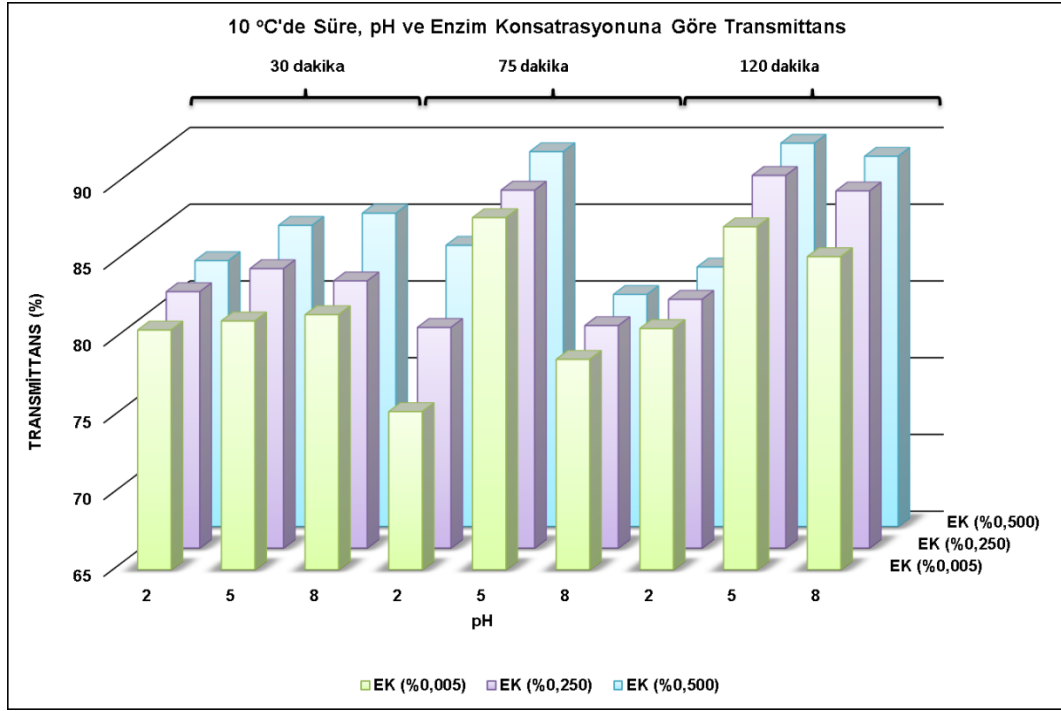
Tannaz enzim ile işleme tabi tutulan ekstraktların transmittans değerleri (%T) üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının transmittans değeri (%T) üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Transmittans (%T)		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	80.61 ^v	81.70 ^o	82.31 ^{ij}
		75	75.30 ^b	79.37 ^z	83.31 ^c
		120	80.71 ^u	81.20 ^s	81.90 ^m
	5	30	81.20 ^s	83.20 ^d	84.61 ^y
		75	87.93 ^e	88.31 ^b	89.41 ^t
		120	87.34 ^g	86.27 ^u	89.96 ^{rq}
	8	30	81.61 ^p	82.40 ^{gh}	85.40 ^s
		75	78.70 ^a	79.49 ^y	80.11 ^x
		120	85.39 ^s	88.26 ^b	89.11 ^v
20	2	30	85.11 ^{uv}	86.12 ^o	87.24 ^h
		75	83.11 ^e	84.11 ^a	85.17 ^{t-v}
		120	80.20 ^w	83.11 ^e	84.87 ^w
	5	30	86.98 ^j	88.22 ^{bc}	90.79 ^m
		75	88.70 ^x	90.60 ^o	92.15 ^g
		120	88.56 ^z	90.70 ⁿ	91.80 ^h
	8	30	84.11 ^a	84.95 ^w	85.11 ^v
		75	84.70 ^x	85.11 ^v	85.70 ^q
		120	83.26 ^{cd}	85.45 ^s	87.17 ^{hi}
35	2	30	88.26 ^b	89.46 ^t	91.15 ^k
		75	83.31 ^c	85.11 ^{uv}	85.53 ^r
		120	88.70 ^x	90.93 ^r	90.87 ^{lm}
	5	30	93.99 ^c	91.77 ^{hi}	93.44 ^e
		75	92.72 ^f	93.74 ^d	96.21 ^a
		120	91.45 ^j	94.51 ^b	90.95 ^c
	8	30	88.15 ^{cd}	88.45 ^a	90.26 ^p
		75	72.30 ^c	71.50 ^d	70.88 ^e
		120	85.24 ^t	85.69 ^q	86.28 ^{mn}
50	2	30	83.41 ^b	85.20 ^{tu}	86.33 ^m
		75	85.70 ^q	86.11 ^o	88.13 ^d
		120	82.01 ^l	84.13 ^a	85.16 ^{t-v}
	5	30	86.61 ^k	88.60 ^{yz}	90.05 ^q
		75	89.13 ^v	91.09 ^k	91.71 ⁱ
		120	88.62 ^{x-z}	89.65 ^s	90.01 ^q
	8	30	83.21 ^d	84.45 ^z	85.16 ^{t-v}
		75	86.44 ^l	87.70 ^f	88.65 ^{xy}
		120	81.75 ^{no}	82.04 ^l	86.27 ^{mn}
60	2	30	80.60 ^v	81.20 ^s	81.90 ^m
		75	85.45 ^s	86.15 ^o	86.24 ⁿ
		120	82.34 ^{hi}	82.45 ^g	83.21 ^d
	5	30	81.30 ^r	81.81 ⁿ	82.13 ^k
		75	87.12 ⁱ	88.81 ^w	89.91 ^r
		120	83.11 ^e	85.63 ^q	85.97 ^p
	8	30	80.90 ^t	81.45 ^q	82.24 ^j
		75	79.13 ^{yz}	80.64 ^{uv}	81.14 ^s
		120	81.17 ^s	82.14 ^k	82.56 ^f

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.4., Şekil 4.16.) ekstraktların %transmittans değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.16.’da verilmiştir.

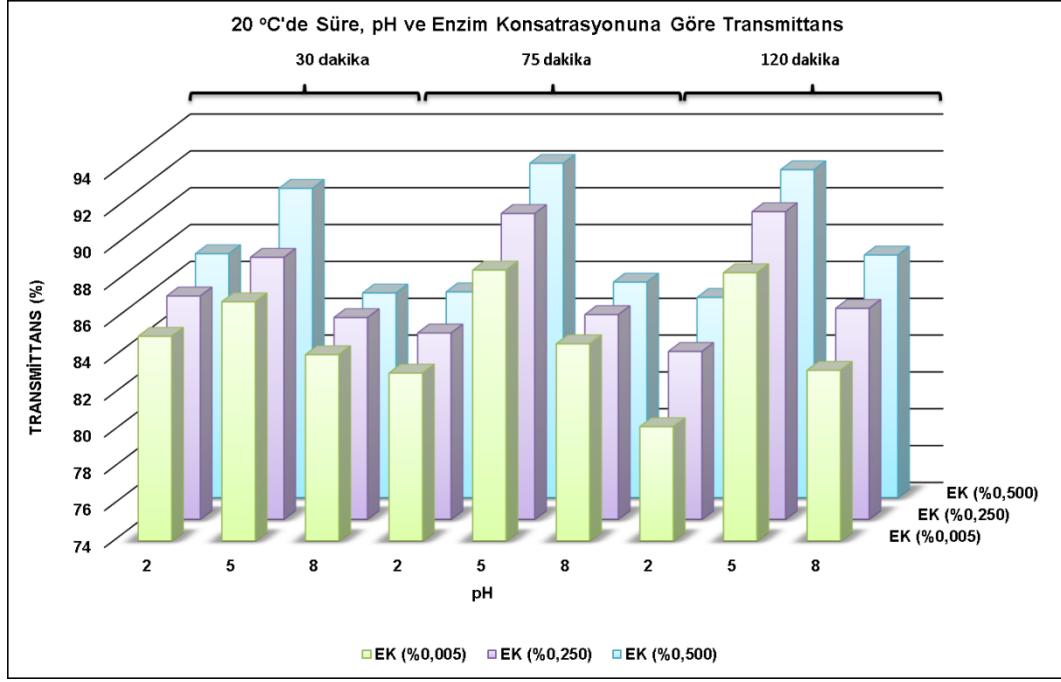


Şekil 4.16. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim

Şekil 4.16.’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki %transmittans değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük %transmittans değerinin (%75.3) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek %transmittans değerinin (%89.96) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 10°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.4., Şekil 4.17.) ekstraktların %transmittans değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.17’de verilmiştir.

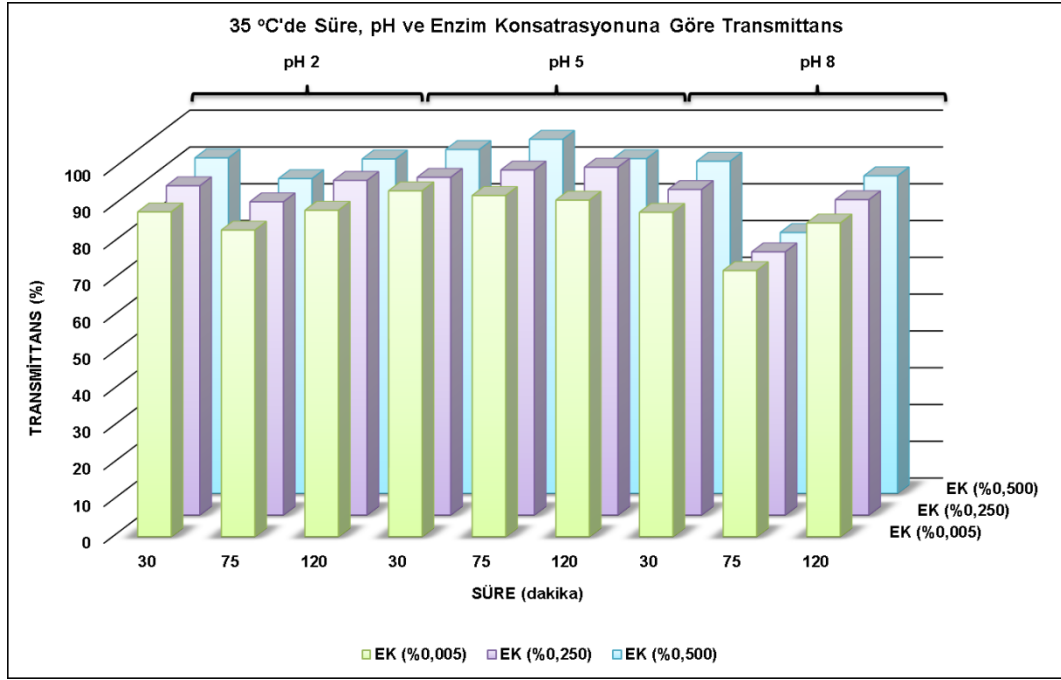


Şekil 4.17. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim

Şekil 4.17’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki %transmittans değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük %transmittans değerinin (%80.2) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek %transmittans değerinin (%92.15) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.4., Şekil 4.18.) ekstraktların %transmittans değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.18’de verilmiştir.

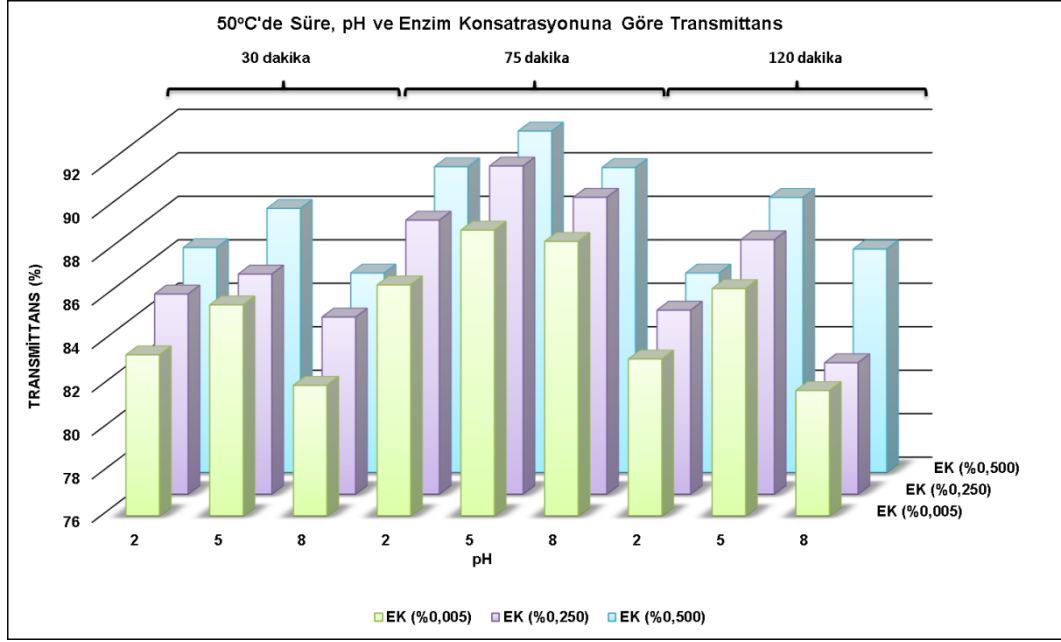


Şekil 4.18. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim

Şekil 4.18’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki % transmittans değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük %transmittans değerinin (%70.88) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek % transmittans değerinin (%96.21) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.4., Şekil 4.19.) ekstraktların %transmittans değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.19’de verilmiştir.

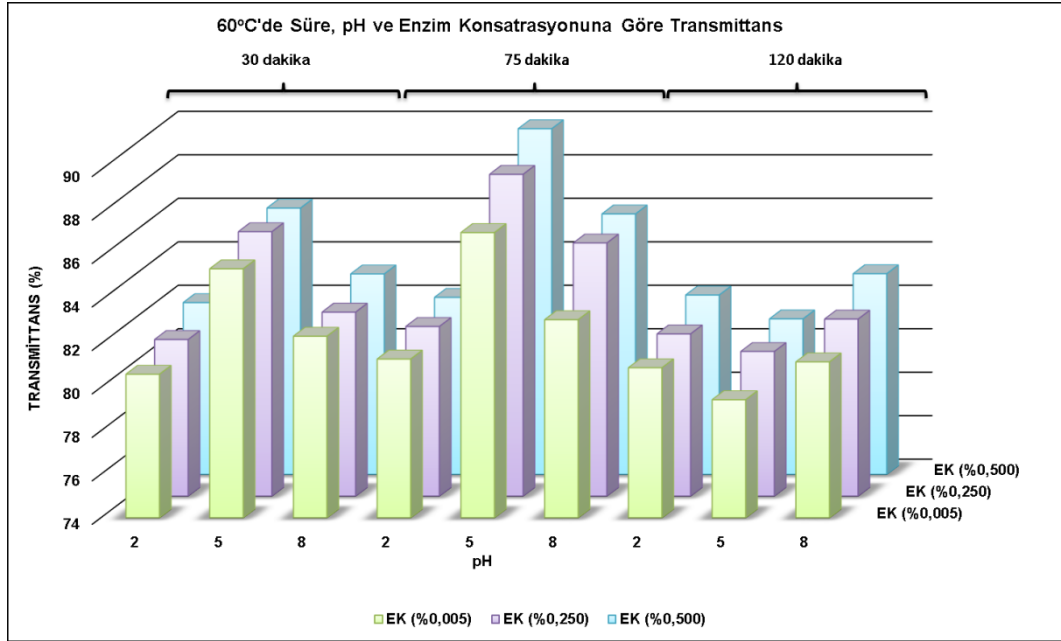


Şekil 4.19. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerindeki değişim

Şekil 4.19’den da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki % transmittans değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük %transmittans değerinin (%81.75) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek % transmittans değerinin (%91.71) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.4., Şekil 4.20.) ekstraktların %transmittans değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre transmittans (%T) değerlerinde değişim

Şekil 4.20’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki % transmittans değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük %transmittans değerinin (%79.13) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek % transmittans değerinin (%89.91) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 60°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.5. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Toplam Renk Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların toplam renk değeri (%) üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.5. ve Şekil 4.21.-4.25.'de verilmiştir.

Tablo 4.5.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük toplam renk değerinin %0.61 ile 35°C, pH 2 ve 30 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlen görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay lifi ekstraktlarındaki en yüksek toplam renk değerinin ise %2.79 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Tannaz enzim ile işleme tabi tutulan çay lifi ekstraktlarının renk değerleri (%) üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Siyah çay fermente bir çay çeşididir. Siyah çay fermentasyonu sırasında, çay polifenollerinin, özellikle çay kateşinlerinin enzimatik oksidasyonu gerçekleşir ve siyah çay ekstraktının özelliklerinden sorumlu olan theaflavinler (TF'ler) ve thearubiginler (TR'ler) gibi bir dizi renkli kimyasal bileşikler oluşur (Liang ve ark, 2003).

Çay deminin rengi ve karakteri üzerinde theaflavin ve thearubigin nicelikleri ile bu iki maddenin birbirlerine oranları etkili olur. Eğer çayın theaflavin içeriği fazla, thearubigin miktarı az ise, çay çok açık renkli ve parlak; aksine theaflavin az, thearubigin fazla ise, bu kez de çay çok koyu renkli ve mat görünümlü olur (Altan, 1997).

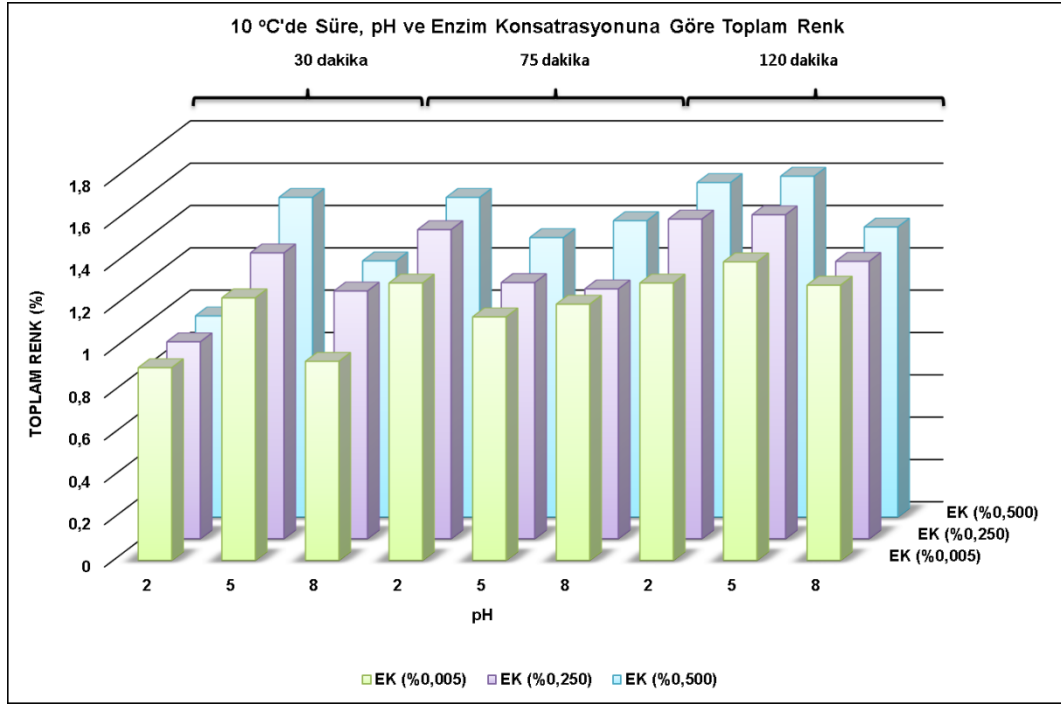
Tannazın; çay kateşinlerinin biyotransformasyonunu kolaylaştırarak ekstraktların antioksidan özelliklerini arttırdığı, krema oluşumunu azalttığı, çay ürünlerinin renk ve duyu özelliklerini iyileştirdiği de belirtilmiştir (Ni ve ark., 2015).

Tablo 4.5. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının toplam renk değeri (%) üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Toplam Renk (%)		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	0.91 ^e	0.93 ^d	0.95 ^c
		75	1.31 ^{rq}	1.46 ^{c-e}	1.51 ^{yx}
		120	1.31 ^{rq}	1.51 ^{yx}	1.58 ^{lm}
	5	30	1.24 ^{tu}	1.35 ^p	1.51 ^{yx}
		75	1.15 ^z	1.21 ^{wx}	1.32 ^q
		120	1.41 ^{jk}	1.53 ^{s-r}	1.61 ^{ij}
	8	30	0.94 ^d	1.17 ^y	1.21 ^x
		75	1.21 ^x	1.18 ^y	1.40 ^{kl}
		120	1.30 ^r	1.31 ^{rq}	1.37 ^{no}
20	2	30	0.90 ^e	1.44 ^{f-i}	1.51 ^{y-x}
		75	1.31 ^{rq}	1.43 ^{hi}	1.56 ^{n-p}
		120	1.43 ⁱ	1.54 ^{r-q}	1.61 ⁱ
	5	30	1.52 ^{u-x}	1.60 ^{ij}	1.31 ^{rq}
		75	1.38 ^{m-o}	1.53 ^{s-u}	1.60 ^{ij}
		120	1.31 ^{rq}	1.11 ^b	1.66 ^g
	8	30	1.43 ^{hi}	1.48 ^{ab}	1.51 ^{y-x}
		75	1.40 ^{jk}	1.45 ^{f-h}	1.58 ^{lm}
		120	1.31 ^{rq}	1.41 ^{jk}	1.54 ^{rs}
35	2	30	0.61 ^k	1.21 ^x	1.50 ^{yz}
		75	0.71 ⁱ	1.55 ^{p-q}	1.71 ^f
		120	0.88 ^f	0.91 ^e	1.51 ^{yx}
	5	30	0.67 ^j	1.91 ^d	2.65 ^b
		75	0.75 ^g	1.34 ^p	2.79 ^a
		120	0.93 ^d	0.94 ^d	2.54 ^c
	8	30	1.30 ^r	1.45 ^{e-g}	1.53 ^{s-u}
		75	0.74 ^h	1.61 ^{ij}	1.70 ^f
		120	0.87 ^f	1.70 ^f	1.80 ^e
50	2	30	1.46 ^{d-f}	1.48 ^{ab}	1.53 ^{s-r}
		75	1.48 ^{a-c}	1.52 ^{t-w}	1.61 ⁱ
		120	1.31 ^{rq}	1.41 ^{jk}	1.49 ^{za}
	5	30	1.56 ^{o-q}	1.61 ⁱ	1.63 ^h
		75	1.47 ^{a-c}	1.52 ^{v-x}	1.57 ^{m-o}
		120	1.38 ^{no}	1.54 ^{r-t}	1.66 ^g
	8	30	1.44 ^{g-i}	1.42 ^j	1.54 ^{r-t}
		75	1.50 ^{yz}	1.54 ^{r-t}	1.60 ^{jk}
		120	1.34 ^p	1.43 ^{hi}	1.59 ^{kl}
60	2	30	1.18 ^y	1.23 ^{uv}	1.31 ^{rq}
		75	1.21 ^x	1.31 ^{rq}	1.39 ^{k-m}
		120	1.22 ^{v-x}	1.25 ^t	1.28 ^s
	5	30	1.15 ^z	1.47 ^{b-d}	1.51 ^{yx}
		75	1.24 ^{tu}	1.39 ^{l-n}	1.45 ^{f-h}
		120	1.41 ^{jk}	1.54 ^{rs}	1.57 ^{l-n}
	8	30	1.13 ^a	1.31 ^{rq}	1.48 ^{a-c}
		75	1.12 ^b	1.22 ^{vw}	1.28 ^s
		120	1.21 ^x	1.31 ^{rq}	1.37 ^o

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.5., Şekil 4.21.) elde edilen ekstraktların toplam renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.21’de verilmiştir.

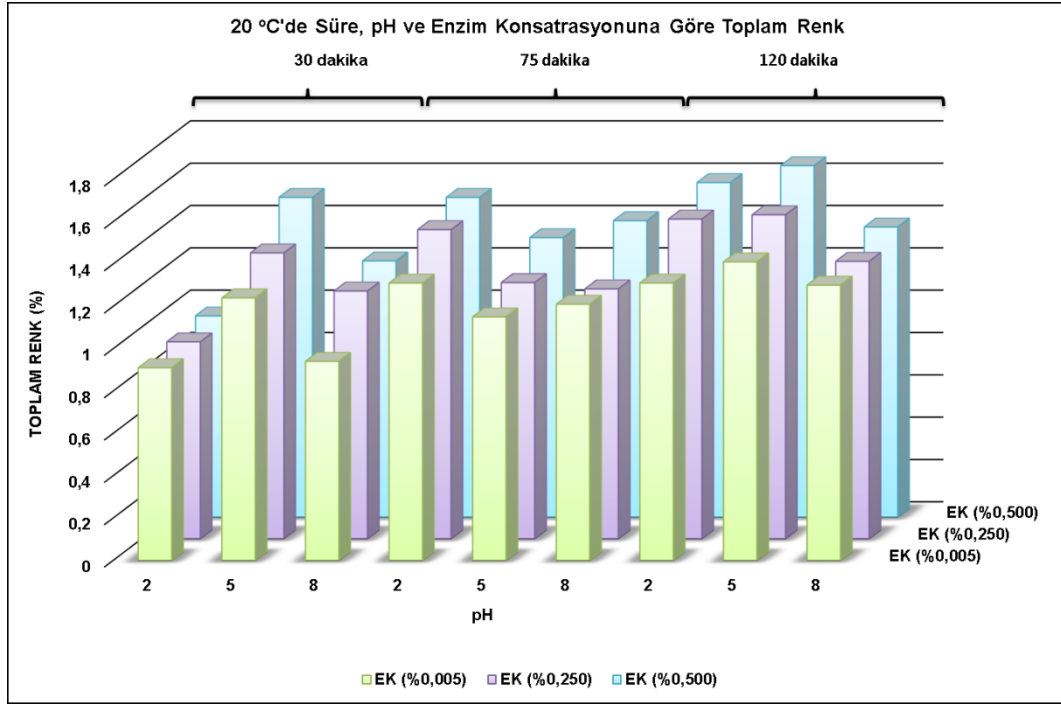


Şekil 4.21. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim

Şekil 4.21’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki toplam renk değerlerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük toplam renk değerinin (%0.91) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek toplam renk değerinin (%1.61) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 10°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.5., Şekil 4.22.) ekstraktların toplam renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.22’de verilmiştir.

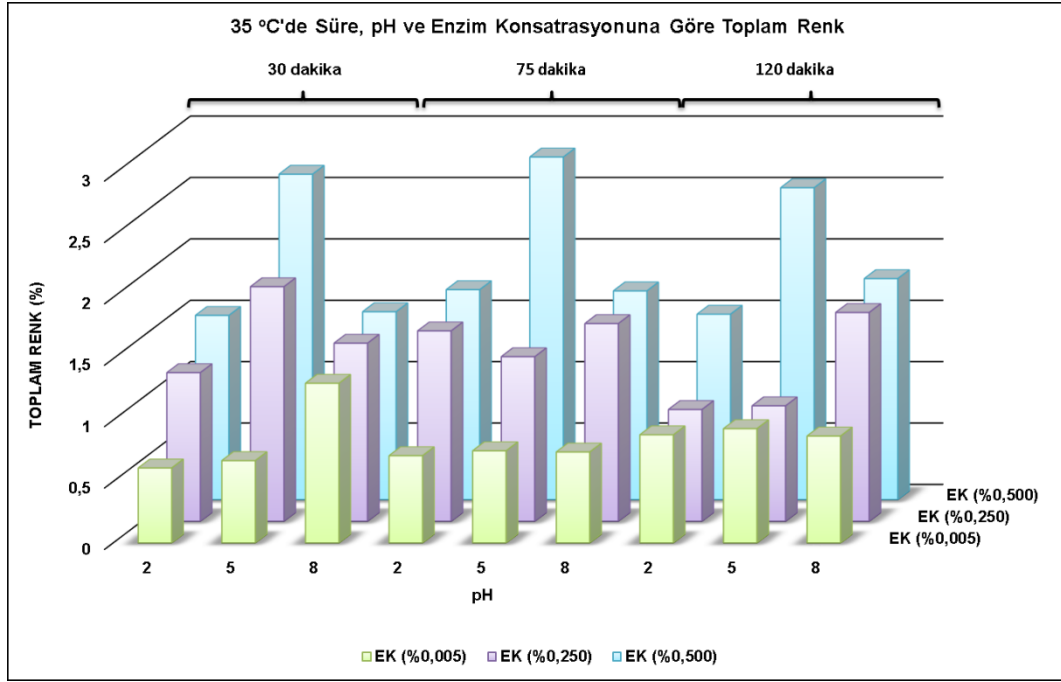


Şekil 4.22. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim

Şekil 4.22’den görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki toplam renk değerlerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük toplam renk değerinin (%0.91) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek toplam renk değerinin (%1.66) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.5., Şekil 4.23.) ekstraktların toplam renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.23’de verilmiştir.

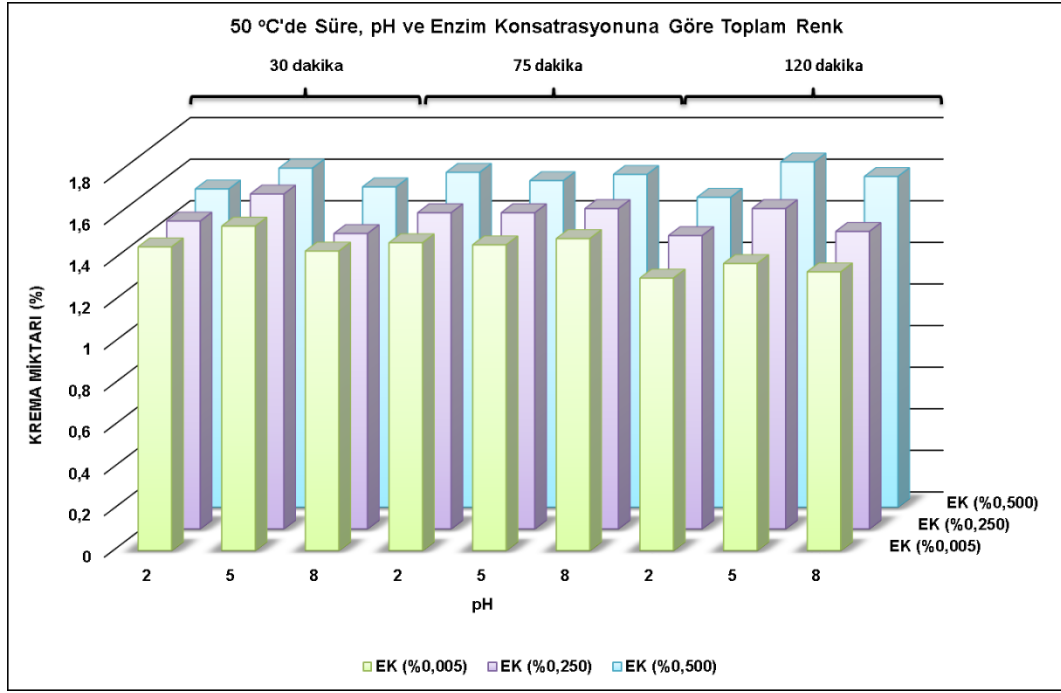


Şekil 4.23. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim

Şekil 4.23’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki toplam renk değerlerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük toplam renk değerinin (%0.61) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek toplam renk değerinin (%2.79) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.5., Şekil 4.24.) ekstraktların toplam renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.24’da verilmiştir.

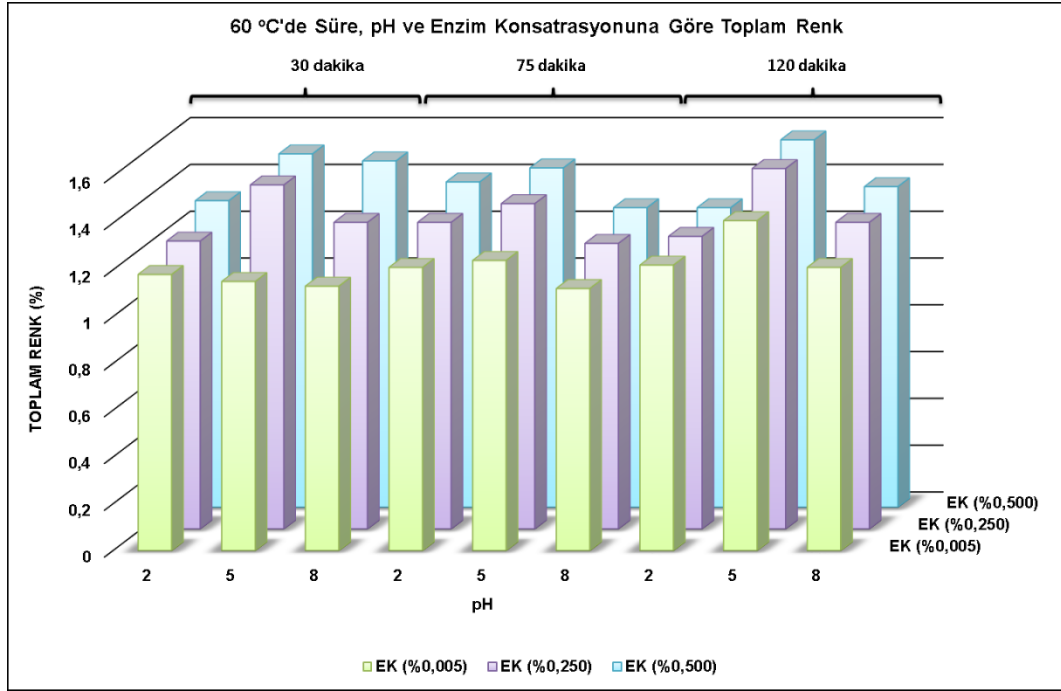


Şekil 4.24. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim

Şekil 4.24’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki toplam renk değerlerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük toplam renk değerinin (%1.31) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek toplam renk değerinin (%1.66) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.5., Şekil 4.25.) ekstraktların toplam renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre toplam renk (%) değerlerindeki değişim

Şekil 4.25’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki toplam renk değerlerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük toplam renk değerinin (%1.12) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek toplam renk değerinin (%1.57) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 60°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.6. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Renk Değerleri Üzerine Etkisi

CIE $L^*a^*b^*$ renk değerlerinin ölçümünde; L^* açıklık (lightness) koordinatı ($L^*=0$ siyahı gösterir ve $L^*=100$ beyazdır) a^* kırmızı/yeşil koordinatıdır ve $+a^*$ kırmızılığı, $-a^*$ ise yeşilliği belirtir. b^* sarı/mavi koordinatıdır ve $+b^*$ sarılığı, $-b^*$ ise maviliği belirtmektedir. Chroma (C), rengin canlılık veya matlık özelliğini ifade etmektedir. Rengin griye veya saf renge ne kadar uzaklıkta olduğunu gösterir. Rengin kırmızılığı, yeşilliği ve maviliğine göre hue değeri (renk uzayında yer alan noktanın dikey eksene uzaklığı) yani rengin açısı değişir. Hue açısı 0 ise renk kırmızı, 90 ise sarı, 180 ise yeşil, 270 ise mavidir. Rengin yoğunluğunun bir göstergesidir.

Aşağıdaki kısımda da, tannaz uygulanan çay lifi ekstraktlarının L^* , a^* , b^* , Chrome ve hue gibi renk değerleri ilgili tablo ve şekillerde verilmiştir.

4.6.1. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının L^* Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların L^* değeri ile ilgili bulgular Tablo 4.6. ve Şekil 4.26.-4.30.'da verilmiştir.

Tablo 4.6.'nın incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay ekstraktlarındaki en düşük L^* değerinin 41.38 ile 35°C, pH 8'de ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay lifi ekstraktlarındaki en yüksek L^* değeri ise 86.68 ile 10°C, pH 2'de ve 120 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların L^* değeri üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının L* değeri üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	L* Değerleri		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	76.44 ^y	75.27 ^z	74.21 ^f
		75	66.81 ^x	65.47 ⁱ	64.42 ^r
		120	86.68 ^a	85.64 ^b	84.24 ^c
	5	30	67.11 ^v	66.41 ^c	65.65 ^h
		75	68.41 ^r	66.78 ^y	65.74 ^g
		120	67.71 ^t	66.71 ^z	66.50 ^b
	8	30	58.24 ^p	57.34 ^t	56.42 ^y
		75	55.75 ^z	54.87 ^d	54.11 ^f
		120	58.47 ⁿ	60.21 ^h	60.86 ^f
20	2	30	77.13 ^r	76.14 ^x	75.12 ^b
		75	76.32 ^w	75.21 ^a	75.22 ^a
		120	78.84 ^g	78.78 ^h	78.51 ^k
	5	30	65.45 ^j	65.32 ^k	66.12 ^d
		75	70.95 ^h	70.41 ⁱ	70.21 ^k
		120	63.78 ^w	64.45 ^q	64.95 ^m
	8	30	53.12 ⁱ	53.65 ^g	53.54 ^h
		75	59.74 ^j	59.61 ^k	59.11 ^l
		120	58.45 ^o	58.54 ^m	58.45 ^o
35	2	30	79.41 ^f	78.07 ^l	77.21 ^q
		75	80.75 ^d	77.35 ^p	71.41 ^g
		120	70.31 ^j	69.02 ⁿ	68.86 ^o
	5	30	68.48 ^q	66.98 ^w	61.28 ^e
		75	63.87 ^u	63.84 ^v	63.51 ^x
		120	68.31 ^s	68.62 ^p	62.18 ^b
	8	30	67.54 ^u	66.62 ^a	66.02 ^e
		75	41.51 ^s	41.41 ^t	41.38 ^u
		120	70.31 ^j	69.65 ^l	69.04 ^m
50	2	30	77.72 ^m	77.21 ^q	76.64 ^u
		75	79.84 ^e	78.56 ^j	74.32 ^e
		120	78.65 ⁱ	77.57 ⁿ	75.32 ^y
	5	30	65.97 ^f	64.22 ^t	64.35 ^s
		75	67.54 ^u	65.31 ^k	65.22 ^l
		120	64.84 ⁿ	64.72 ^o	64.59 ^p
	8	30	59.78 ⁱ	58.55 ^m	58.11 ^r
		75	55.53 ^a	55.22 ^b	55.11 ^c
		120	49.53 ^m	48.66 ⁿ	48.11 ^o
60	2	30	77.55 ^o	77.21 ^q	76.97 ^s
		75	64.35 ^s	62.83 ^z	61.34 ^c
		120	76.74 ^t	75.11 ^c	74.45 ^d
	5	30	63.40 ^y	62.21 ^a	61.31 ^d
		75	58.18 ^q	57.15 ^v	56.55 ^x
		120	60.54 ^g	57.67 ^s	57.11 ^w
	8	30	57.24 ^u	55.75 ^z	54.25 ^e
		75	46.31 ^p	44.52 ^q	42.20 ^r
		120	52.40 ^j	52.11 ^k	51.96 ^l

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Liang ve ark. (2003), çay ekstraktlarında renk farkı analizleri sonucu, siyah çay ekstraktlarının eksi ΔL değerlerine sahip olduğunu ve siyah çay ekstraktlarının sudan daha koyu renkli göründüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca, ΔL değerlerinin sırasıyla toplam kalite puanı, görünüm ve ekstrakte edilen çay yaprakları ile negatif korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu nedenle, yüksek kaliteli bir siyah çayın yüksek konsantrasyonlarda kırmızı ve sarı çay renk maddelerine sahip olabileceğini ve TF’lerin önemli bir grup olduğunu, bu sebeple de daha yüksek bir Δa , Δb ve ΔE değerine, ancak daha düşük ΔL ’ye yol açtığını belirtmişlerdir.

Lu ve ark. (2009), tannaz ile işlem görmüş yeşil çay ekstraktlarında, 4 haftalık depolamanın ardından hem a^* hem de b^* renk değerlerinin neredeyse değişmeden kaldığını, L^* değerinin ise biraz düştüğünü belirlemişlerdir. Bununla birlikte, depolama sırasında, kontrol örneklerindeki L^* değerinin ise önemli ölçüde düştüğünü ve bu nedenle çay ekstraktının parlaklığının azaldığını saptamışlardır.

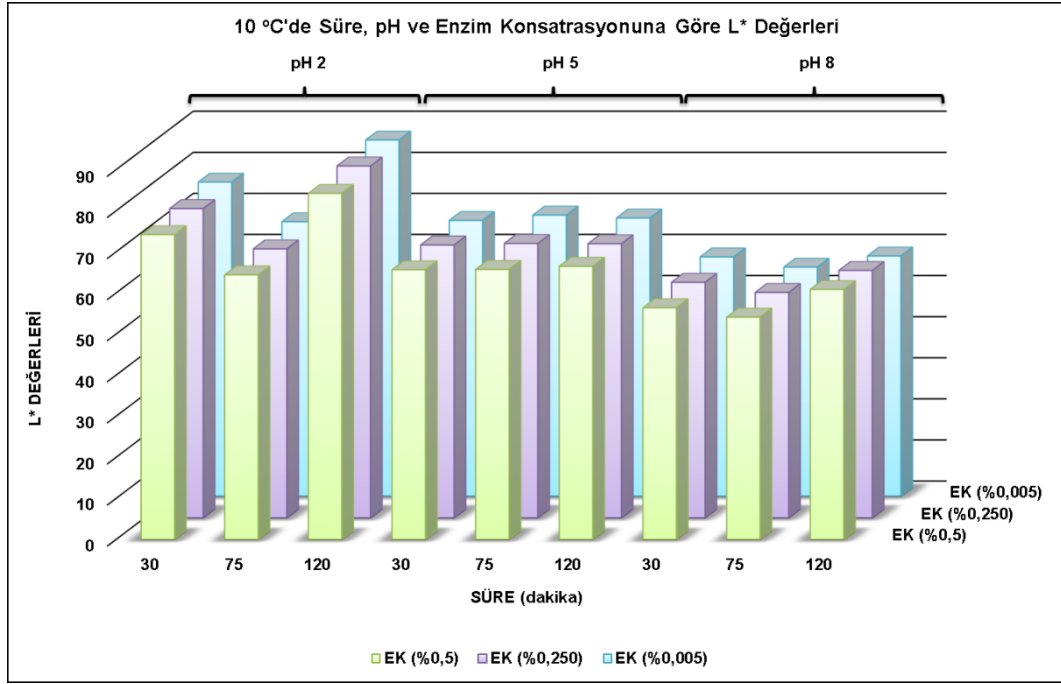
Chandini ve ark., (2011a ve 2011b), siyah çay ekstraktında baskın olan iki renk maddesinin TF (kırmızımsı-turuncu) ve TR (kırmızı-kahverengi) olduğunu ve enzim uygulamasıyla L^* değerlerindeki artışın, renge katkıda bulunan TF ve TR dışında farklı bileşiklerin de bulunabileceğini belirtmiştir.

Govindarajan ve ark. (2021); %2, %4 ve %6 oranında CTC ve Kangra Ortodoks ayı içeren ekstraktların L^* değerlerinin sırasıyla 2.57-3.35-4.21 ve 2.61-3.54-4.67 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, %6 oranında CTC ve Kangra Ortodoks ayı içeren ekstraktların L^* değerlerinin diğer ekstraktlara göre daha yüksek ve aralarındaki farkın önemli olduğunu tespit etmişlerdir.

Laddi ve ark. (2011), çay ve su oranı 0.5:25 olacak şekilde kaynar su ile 6 dakika süresince demlenen aylarda (Hindistan-CTC-BP ayı) her 30 saniyede bir llen L^* değerinin zamana bağlı olarak hızlıca azaldığını ve 40-60 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Chandini ve ark. (2011b), CTC tipi siyah çaydan (ay:su oranı 2:100; 90°C, 40 dakika) elde edilen ekstraktlara 10-100 U/g tannaz uygulamış (40°C’de 2 saat) ve L değerinin kontrol örneklerinde 22.3, tannaz uygulananlarda ise her ikisinde de 26.3 olduğunu belirlemişlerdir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.6., Şekil 4.26.) ekstraktların L* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.26’da verilmiştir.

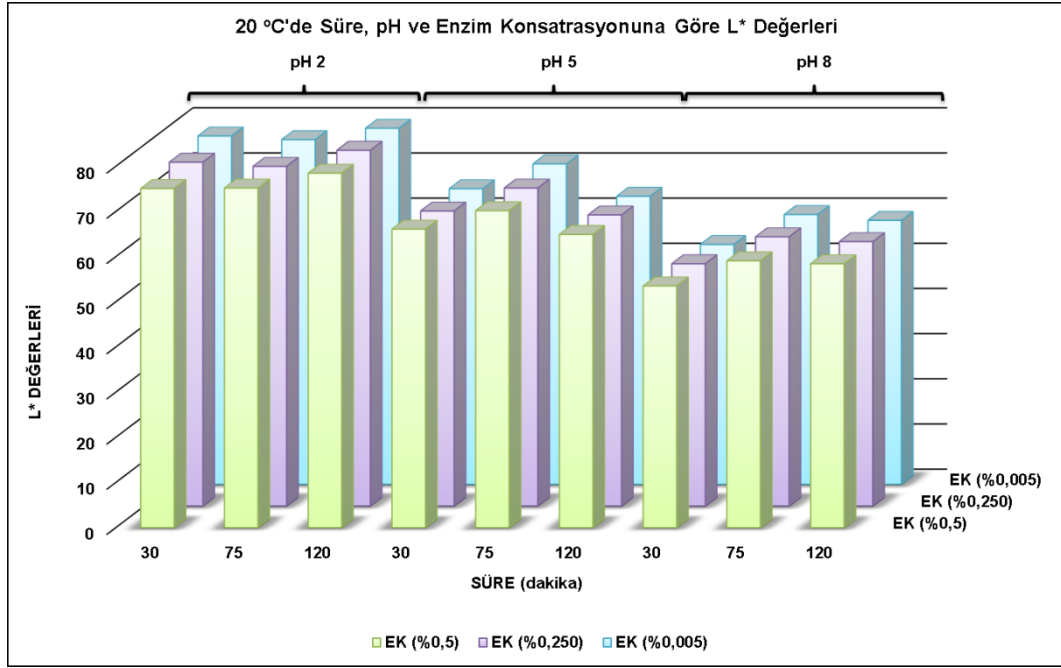


Şekil 4.26. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim

Şekil 4.26’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki L* değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük L* değerinin (54.11) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek L* değerinin (86.68) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 10°C’de pH 2’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.6., Şekil 4.27.) ekstraktların L* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.27’de verilmiştir.

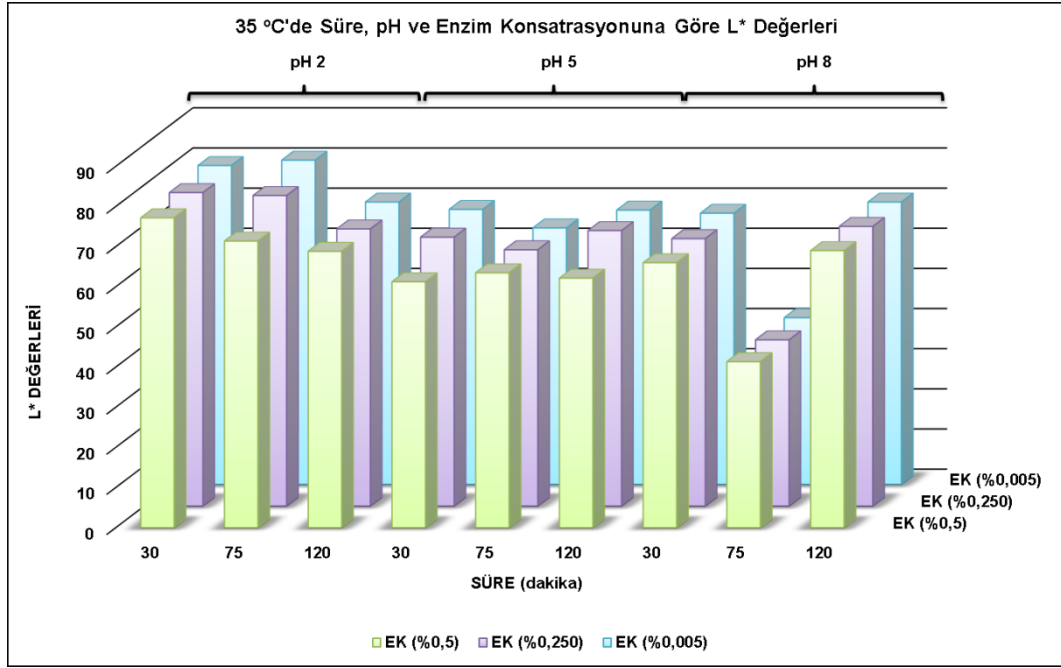


Şekil 4.27. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim

Şekil 4.27’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki L* değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük L* değerinin (53.12) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek L* değerinin (78.84) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 20°C’de pH 2’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.6., Şekil 4.28.) ekstraktların L* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.28’de verilmiştir.

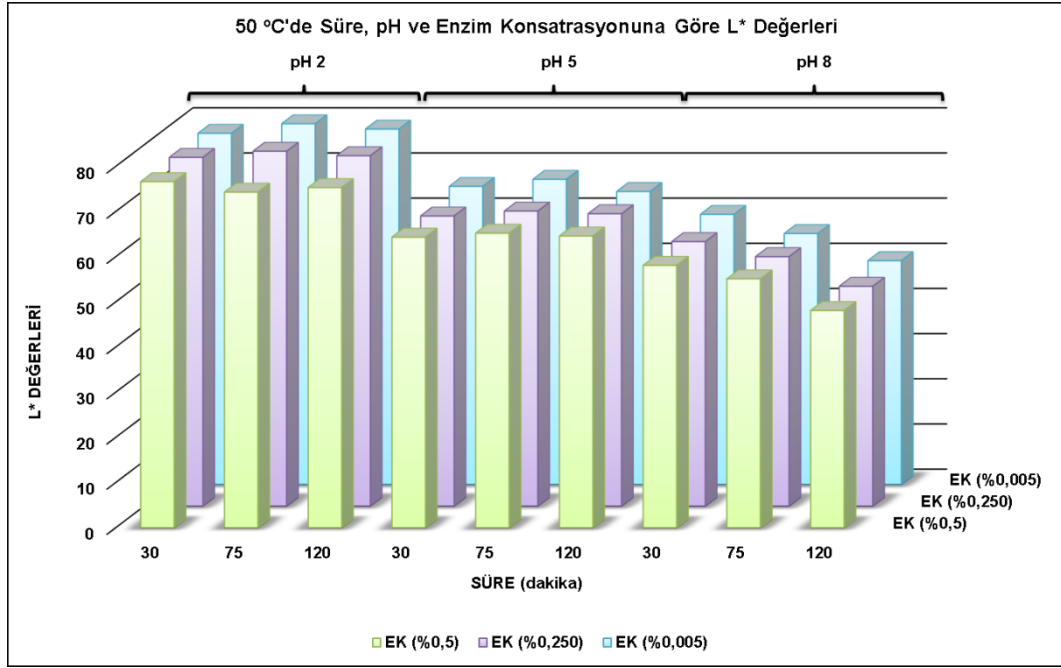


Şekil 4.28. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim

Şekil 4.28’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki L* değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük L* değerinin (41.38) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek L* değerinin (80.75) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 35°C’de pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.6., Şekil 4.29.) ekstraktların L* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.29’de verilmiştir.

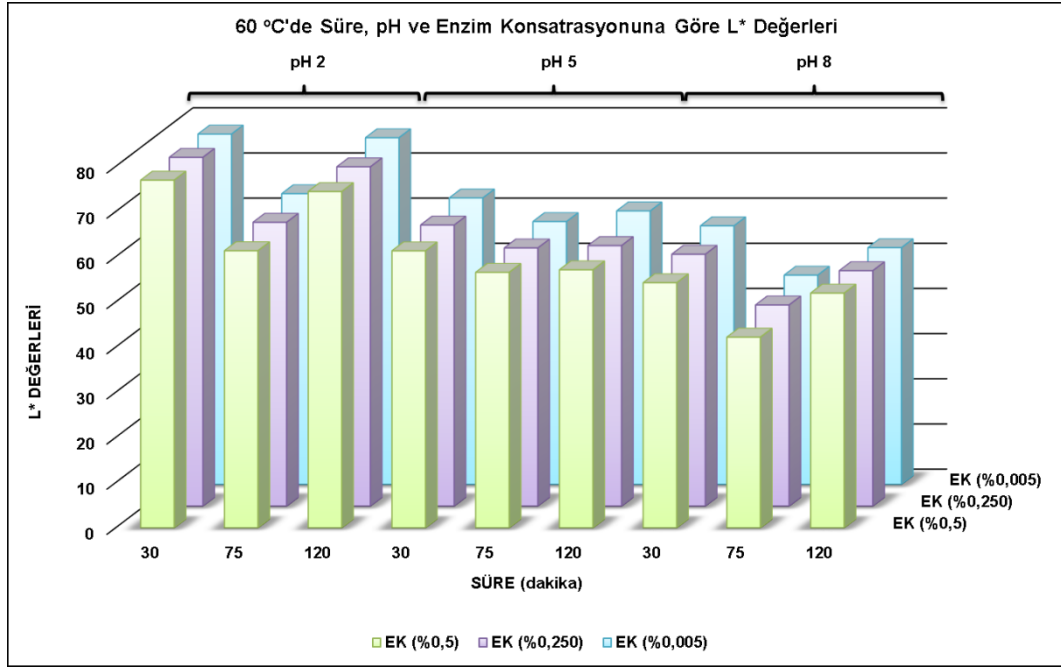


Şekil 4.29. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim

Şekil 4.29’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki L* değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük L* değerinin (48.11) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek L* değerinin (79.84) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 50°C’de pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.6., Şekil 4.30.) ekstraktların L değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.30’da verilmiştir.



Şekil 4.30. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre L* değerlerindeki değişim

Şekil 4.30’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki L* değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük L* değerinin (42.2) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek L* değerinin (77.55) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 60°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir

4.6.2. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının a* Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların a* değeri ile ilgili bulgular Tablo 4.7. ve Şekil 4.31.-4.35.'da verilmiştir.

Tablo 4.7.'nin incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en düşük a* değerinin 17.14 ile 35°C, pH 2'de ve 75 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay ekstraktlarındaki en yüksek a* değerinin ise 28.43 ile 60°C, pH 8'de ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların a* değerleri (%) üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Liang ve ark. (2003), çay ekstraktlarında renk farkı analizleri sonucu, çalışmamızda siyah çay ekstraktlarının Δa değerlerinin çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer bir şekilde pozitif bir değere sahip olduğunu ve siyah çay ekstraktlarının kırmızı ve sarı renkte (Δb değeri de pozitif olduğu için) görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca, Δa değerlerinin sırasıyla sırasıyla siyah çay görünümü, demlenmiş yaprak ve toplam kalite ile pozitif korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Chandini ve ark., (2011a ve 2011b), siyah çay ekstraktında baskın olan iki renk maddesinin TF (kırmızımsı-turuncu) ve TR (kırmızı-kahverengi) olduğunu ve ekstraksiyon süresi boyunca, çalışmamıza benzer şekilde, siyah çay ekstraktlarındaki a değerlerinin pozitif olduğunu ve siyah çay ekstraktlarının kırmızı ve sarı renkte görüldüğünü belirtmişlerdir. Ekstraksiyon süresince 40. dakikaya kadar a değerlerinin ve dolayısıyla kırmızı-kahverengi renk maddelerinin (TR) arttığını ve takiben azalmaya başladığını tespit etmişlerdir.

Tablo 4.7. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının a* değeri üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	a* Değerleri		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	21.14 ^p	22.50 ^{w-c}	22.71 ^{s-y}
		75	22.11 ^{e-i}	22.27 ^{a-g}	22.82 ^{r-v}
		120	21.76 ^{j-l}	22.14 ^{d-h}	22.74 ^{s-x}
	5	30	22.11 ^{e-i}	22.35 ^{z-f}	22.51 ^{w-c}
		75	22.24 ^{b-g}	22.51 ^{w-c}	22.80 ^{s-w}
		120	22.34 ^{z-f}	21.82 ^l	22.85 ^{r-u}
	8	30	22.98 ^{r-s}	23.11 ^{o-q}	23.71 ^{h-l}
		75	27.24 ^c	27.81 ^b	27.75 ^b
		120	21.69 ^{k-m}	22.23 ^{b-g}	22.64 ^{t-z}
20	2	30	20.41 ^r	21.59 ^{k-n}	22.14 ^{d-h}
		75	20.65 ^{rq}	21.13 ^p	21.66 ^{k-m}
		120	20.78 ^q	21.21 ^{op}	21.22 ^{op}
	5	30	20.78 ^q	21.53 ^{l-n}	22.71 ^{s-y}
		75	22.11 ^{e-i}	22.21 ^{c-g}	22.43 ^{x-d}
		120	20.45 ^r	22.51 ^{w-c}	23.84 ^{hi}
	8	30	22.59 ^{u-a}	23.35 ^{m-o}	23.72 ^{h-l}
		75	21.45 ^{m-o}	22.74 ^{s-x}	23.51 ^{j-m}
		120	23.74 ^{h-k}	23.48 ^{k-n}	23.54 ^{j-m}
35	2	30	19.34 ^t	17.81 ^v	17.31 ^w
		75	17.14 ^w	17.34 ^w	17.67 ^v
		120	21.79 ^{j-l}	22.11 ^{e-i}	22.54 ^{v-b}
	5	30	26.18 ^f	20.85 ^q	19.81 ^s
		75	23.11 ^{o-q}	18.59 ^u	22.91 ^{r-t}
		120	21.20 ^{op}	22.71 ^{s-y}	26.95 ^{de}
	8	30	21.58 ^{k-n}	22.21 ^{c-g}	23.34 ^{m-o}
		75	22.34 ^{z-f}	22.43 ^{x-d}	22.54 ^{v-b}
		120	23.01 ^{p-s}	23.35 ^{m-o}	23.31 ^{m-p}
50	2	30	21.64 ^{k-n}	21.54 ^{l-n}	22.42 ^{y-e}
		75	21.12 ^p	21.58 ^{k-n}	22.53 ^{v-b}
		120	21.21 ^{op}	21.58 ^{k-n}	22.30 ^{a-g}
	5	30	21.71 ^{k-m}	23.35 ^{m-o}	23.80 ^{h-j}
		75	23.21 ^{n-q}	23.58 ^{t-m}	24.11 ^g
		120	22.96 ^{r-s}	23.11 ^{o-q}	23.12 ^{o-q}
	8	30	22.58 ^{u-a}	23.12 ^{o-q}	23.32 ^{m-o}
		75	27.21 ^{cd}	26.91 ^e	27.65 ^b
		120	22.57 ^{u-a}	23.21 ^{n-q}	23.31 ^{m-o}
60	2	30	22.01 ^{g-j}	22.11 ^{e-i}	22.31 ^{a-g}
		75	22.09 ^{f-i}	22.32 ^{a-g}	22.54 ^{v-b}
		120	21.21 ^{op}	21.35 ^{n-p}	22.38 ^{z-f}
	5	30	21.86 ^{h-k}	21.18 ^{op}	22.54 ^{v-b}
		75	22.51 ^{w-c}	22.71 ^{s-y}	23.91 ^{gh}
		120	22.11 ^{e-i}	22.98 ^{r-s}	23.72 ^{h-l}
	8	30	26.95 ^{de}	27.14 ^{e-e}	27.77 ^b
		75	26.14 ^f	27.74 ^b	28.43 ^a
		120	22.91 ^{r-t}	23.11 ^{o-q}	23.44 ^{l-n}

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Liang ve Xu (2003), Chandini ve ark., (2011a ve 2011b)'nın elde ettiği sonuçlara benzer şekilde, siyah çay ekstraktlarında kırmızı-kahverengi renk maddelerinin TR'deki artışını gösteren a değeriinin ekstraksiyon süresi boyunca arttığını ve 30. dakikadan sonra azaldığını belirlemişlerdir.

Liang ve ark. (2003), Çin'in farklı bölgelerinden topladıkları 17 farklı siyah çay ile yaptıkları bir çalışmada, kaynar su kullanılarak 3:150 çay:su oranında 10 dakika süreyle demlenerek elde edilen siyah çay ekstraktlarının a* değeriinin 6.42-44.03 ve ortalama 20.19 olduğunu tespit etmişlerdir.

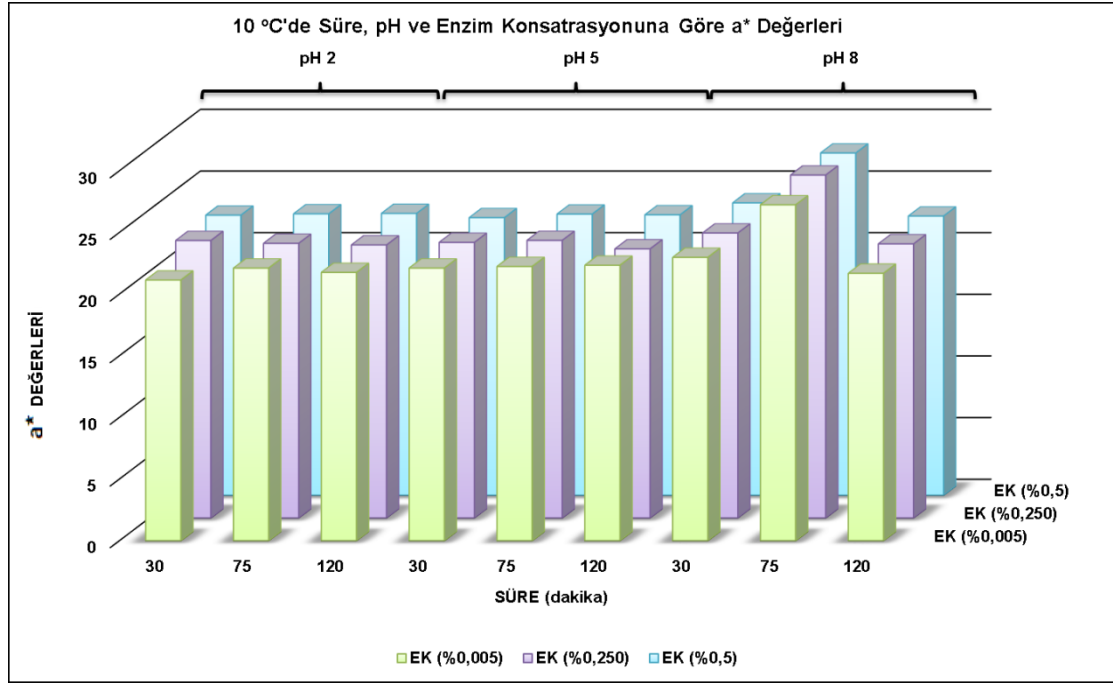
Chandini ve ark. (2011b), CTC tipi siyah çaydan (ay:su oranı 2:100; 90°C, 40 dakika) elde edilen ekstraktlara 10-100 U/g tannaz uygulamış (40°C'de 2 saat) ve a* değeriinin kontrol örneklerinde 20.3, tannaz uygulananlarda (10 ve 20 U/g-siyah çay) ise sırasıyla 20.4 ve 26.3 olduğunu belirlemişlerdir.

Laddi ve ark. (2011), taze demlenmiş çayda, renk üzerinde sıcaklığın etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, kaynar su kullanılarak 0.5:25 çay:su oranında 6 dakika süreyle demlenen Hindistan-CTC-BP ay ekstraktlarından her 30 saniyede bir renk ölçümü yapmışlar ve a* değeriinin zamanla çok az değiştiğini belirlemişlerdir. Bunun nedeninin, 5. dakikaya kadar olan demlemelerde TR değeriinin fazla değişimemesinden kaynaklanabileceğini ve a* değeriinin 35-45 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Lantano ve ark. (2015); yeşil çay, siyah çay ve oolong ayından farklı demleme koşullarında elde edilen ekstraktların bileşimi, antioksidan özellikleri ve rengi üzerine yaptıkları bir çalışmada, Orange Pokoe Flowery siyah çay kullanarak 12g/L ay:su oranında 90°C sıcaklıkta 3 dakika süreyle demlenerek elde edilen ekstratın a* değeriinin 1.1±0.1 olduğunu saptamışlardır.

Chandini ve ark. (2011a), 90°C sıcaklıkta 0.25:200 çay:su oranında 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 ve 120 dakika süreyle demlenerek elde edilen siyah çay ekstraktlarının a* değeriilerinin sırasıyla 18.42, 19.04, 19.25, 20.28, 22.76, 21.27, 21.85 ve 22.32 olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlara göre, ekstraksiyon süresi uzadıkça daha fazla madde geçişine (TR) bağlı olarak, a* değeriilerinin arttığını belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.7., Şekil 4.31.) elde edilen ekstraktların a* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.31’de verilmiştir.

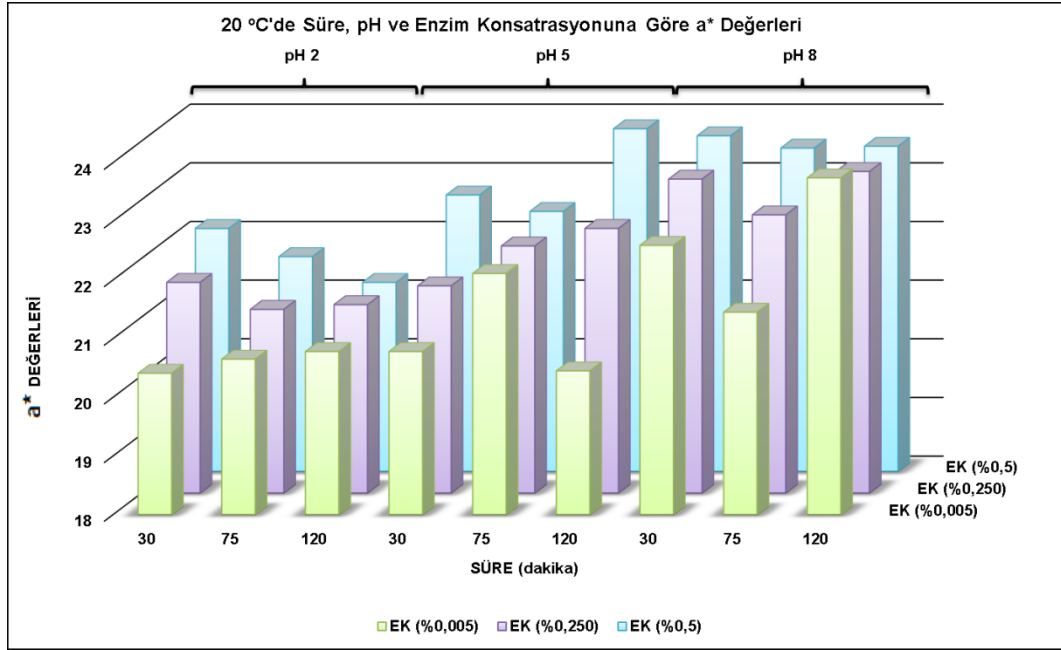


Şekil 4.31. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de Süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim

Şekil 4.31’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki a* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

10°C sıcaklıkta en düşük a* değerinin (21.14) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek a* değerinin (27.81) ise enzim konsantrasyonunun %0.25 olduğu ve 10°C’de pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.7., Şekil 4.32.) elde edilen ekstraktların a* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.32’de verilmiştir.

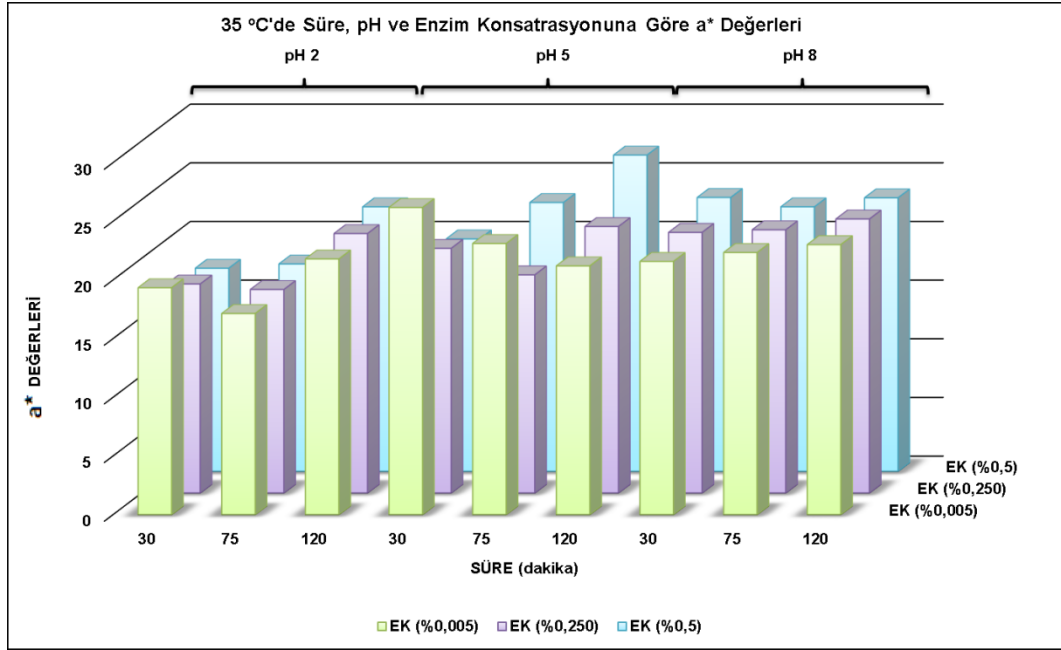


Şekil 4.32. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim

Şekil 4.32’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki a* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük a* değerinin (20.41) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek a* değerinin (23.84) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.7., Şekil 4.33.) elde edilen ekstraktların a* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.33’de verilmiştir.

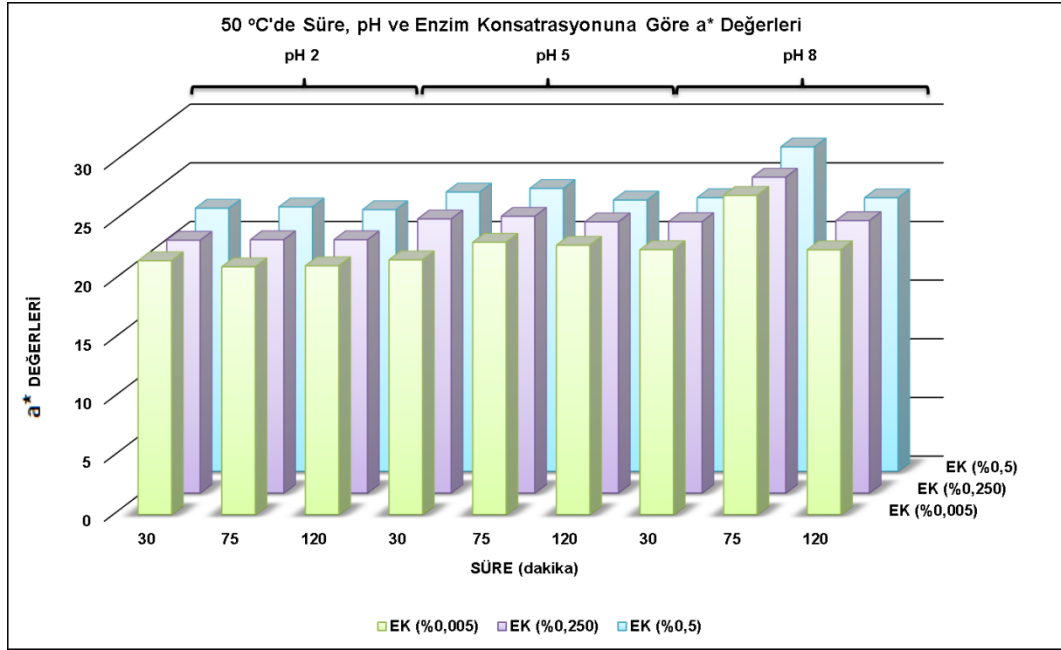


Şekil 4.33. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna Göre a* değerlerindeki değişim

Şekil 4.33’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki a* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük a* değerinin (17.14) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek a* değerinin 26.95) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.7., Şekil 4.34.) elde edilen ekstraktların a* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.34’de verilmiştir.

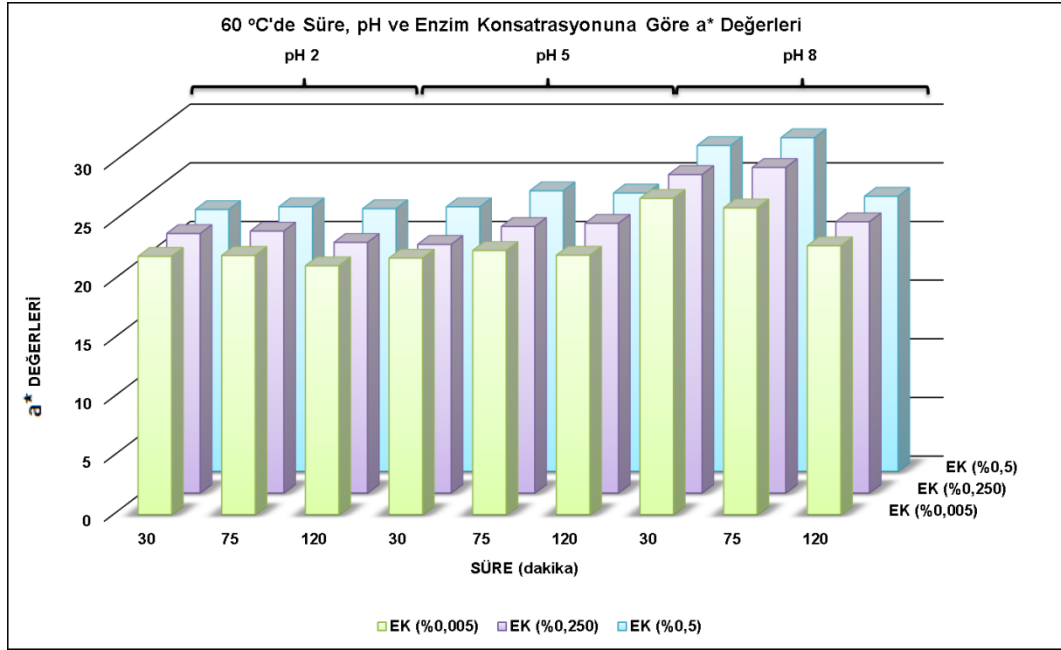


Şekil 4.34. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim

Şekil 4.34’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki a* değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) saptanmıştır.

50°C sıcaklıkta en düşük a* değerinin (21.12) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek a* değerinin (27.65) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C’de pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.7., Şekil 4.35.) elde edilen ekstraktların a* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4.35. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre a* değerlerindeki değişim

Şekil 4.35’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki a* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük a* değerinin (21.18) enzim konsantrasyonunun %0.25 olduğu ve pH 5’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek a* değerinin (28.43) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 60°C’de pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.6.3. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının b* Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların b* değeri ile ilgili bulgular Tablo 4.8. ve Şekil 4.36.-4.40.'da verilmiştir.

Tablo 4.8.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay lifi ekstraktlarındaki en yüksek b* değerinin 81.39 ile 35°C, pH 5'de ve 75 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay ekstraktlarındaki en düşük b* değerinin ise 59.36 ile 35°C, pH 2 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Liang ve ark. (2003), çay ekstraktlarında renk farkı analizleri sonucu, çalışmamızda siyah çay ekstraktlarının Δb değerlerinin, çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer bir şekilde, pozitif bir değere sahip olduğunu ve siyah çay ekstraktlarının kırmızı ve sarı renkte görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca, Δb değerlerinin ekstrakt değeri (liquor score) ile pozitif korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, yüksek kaliteli siyah çay ekstraktının düşük kaliteli çay ekstraktına göre daha koyu ve kırmızı-sarı renkte olduğunu belirtmişlerdir.

Liang ve Xu (2003), 20-90°C sıcaklıkta 1:100 çay:su oranında 5-180 dakika süreyle demlenerek elde edilen siyah çay ekstraktlarının kurumadde içeriğinin 4.3 g/L'ye ayarlandığını ve 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 °C sıcaklıklarda b* değerlerinin sırasıyla 78.44, 86.26, 87.75, 84.53, 63.08, 59.46, 69.12 ve 57.95 olduğunu saptamışlardır.

Aynı araştırmada (Liang ve Xu, 2003) elde edilen sonuçlara göre, 40°C sıcaklığa kadar b* değerlerinin arttığı ve daha sonra sıcaklık arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Liang ve Xu (2003), Chandini ve ark., (2011a ve 2011b)'nin elde ettiği sonuçlara benzer şekilde, siyah çay ekstraktlarında kırmızımsı-turuncu renk maddelerinin artışını gösteren b* değerinin ekstraksiyon süresi boyunca arttığını ve 30. dakikadan sonra azaldığını da belirlemişlerdir.

Tablo 4.8. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının b* değeri üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	b* Değerleri		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	77.11 ^{bc}	78.15 ^s	79.15 ⁱ
		75	74.25 ^v	74.90 ^s	75.67 ^l
		120	72.21 ^h	72.54 ^f	73.21 ^{bc}
	5	30	78.97 ^j	79.25 ^h	80.24 ^d
		75	77.41 ^a	78.14 ^s	78.37 ^{rq}
		120	75.24 ^{op}	78.59 ^p	79.65 ^f
	8	30	75.24 ^{op}	75.51 ^m	76.42 ^g
		75	71.77 ^j	72.27 ^h	73.14 ^c
		120	74.87 ^s	74.91 ^s	75.32 ^{no}
20	2	30	75.21 ^{pq}	77.11 ^{bc}	78.14 ^s
		75	77.21 ^l	72.26 ^h	71.35 ^k
		120	71.23 ^l	71.28 ^{lk}	71.97 ⁱ
	5	30	77.68 ^y	77.74 ^{xy}	77.85 ^{vw}
		75	74.00 ^x	74.01 ^x	74.43 ^u
		120	72.81 ^e	74.25 ^v	76.95 ^e
	8	30	74.24 ^v	74.31 ^v	75.11 ^r
		75	75.34 ⁿ	75.64 ^l	75.88 ^j
		120	72.98 ^d	73.17 ^c	74.11 ^w
35	2	30	70.76 ⁿ	70.24 ^p	69.44 ^s
		75	72.43 ^g	69.77 ^q	59.36 ^y
		120	70.89 ^m	70.48 ^o	68.22 ^t
	5	30	80.58 ^c	77.02 ^{de}	77.05 ^{cd}
		75	81.39 ^a	79.20 ^{hi}	75.34 ⁿ
		120	81.15 ^b	75.71 ^{lk}	78.66 ^{n-p}
	8	30	63.26 ^v	62.91 ^w	61.91 ^x
		75	79.50 ^g	78.74 ^{l-n}	67.81 ^u
		120	75.76 ^k	74.31 ^v	73.27 ^b
50	2	30	73.35 ^a	73.44 ^z	73.86 ^y
		75	76.14 ^h	76.21 ^h	76.65 ^f
		120	77.80 ^{wx}	78.04 ^{tu}	78.44 ^q
	5	30	78.39 ^{rq}	78.65 ^{po}	78.98 ^j
		75	78.11 st	78.41 ^{rq}	78.98 ^j
		120	78.01 ^u	78.76 ^{lm}	78.81 ^{kl}
	8	30	75.24 ^{op}	75.28 ^{n-p}	75.32 ^{no}
		75	77.79 ^{wx}	78.33 ^t	78.85 ^k
		120	77.55 ^z	77.89 ^v	77.74 ^{xy}
60	2	30	75.99 ⁱ	75.43 ^m	76.13 ^h
		75	71.22 ^l	72.77 ^e	75.43 ^m
		120	74.23 ^v	75.11 ^r	77.14 ^b
	5	30	79.54 ^g	79.87 ^e	79.95 ^e
		75	72.80 ^e	72.98 ^d	73.44 ^z
		120	75.14 ^{rq}	78.68 ^{m-o}	79.12 ⁱ
	8	30	77.15 ^b	77.44 ^a	77.86 ^{vw}
		75	68.27 ^r	69.56 ^r	70.32 ^p
		120	74.77 ^t	75.15 ^{rq}	75.88 ^j

(1) Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Liang ve ark. (2003), Çin'in farklı bölgelerinden topladıkları 17 farklı siyah çay ile yaptıkları bir çalışmada, kaynar su kullanılarak 3:150 çay:su oranında 10 dakika süreyle demlenerek elde edilen siyah çay ekstraktlarının b* değerinin 40.63-58.88 ve ortalama 48.22 olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, kalite kriteri olarak b* değerinin TF içeriği ile orantılı olduğunu ve kaliteli çayların daha koyu kırmızı-sarı renkte olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Lu ve ark. (2009), yeşil çayda protein tanen agregasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada tannaz ile işleme görmüş çaylarda b* değerinde önemli bir değişme olmadığını tespit etmişlerdir.

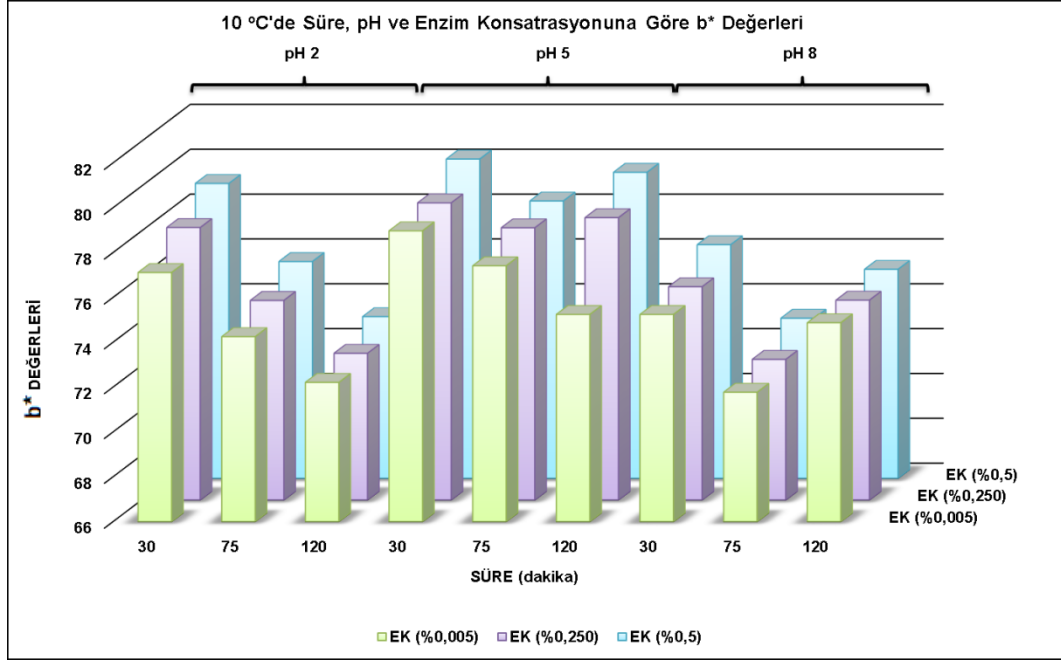
Chandini ve ark. (2011a), 90°C sıcaklıkta 0.25:200 çay:su oranında 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 ve 120 dakika süreyle demlenerek elde edilen siyah çay ekstraktlarının b* değerlerinin sırasıyla 12.99, 17.54, 17.57, 18.46, 16.50, 16.39, 15.93 ve 15.32 olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlara göre, ekstraksiyon süresi bağlı olarak daha fazla madde geçişine (TR) bağlı olarak, b* değerlerinin arttığı ve süre uzadıkça azalmaya başladığı belirlenmiştir.

Chandini ve ark. (2011b), CTC tipi siyah çaydan (çay:su oranı 2:100; 90°C, 40 dakika) elde edilen ekstraktlara 10-100 U/g tannaz uygulamış (40°C'de 2 saat) ve b* değerinin kontrol örneklerinde 18.5, tannaz uygulananlarda (10 ve 20 U/g-siyah çay) ise her ikisinde de 18.6 olduğunu belirlemişlerdir.

Laddi ve ark. (2011), taze demlenmiş çayda, renk üzerinde sıcaklığın etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, kaynar su kullanılarak 0.5:25 çay:su oranında 6 dakik süreyle demlenen Hindistan-CTC-BP çay ekstraktlarından her 30 saniyede bir renk ölçümü yapmışlar ve b* değerinin zamana bağlı olarak hızlı bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir. Bunun nedeninin, TF değerinde meydana gelen azalmadan kaynaklanabileceğini ve b* değerinin 60-90 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Lantano ve ark. (2015); yeşil çay, siyah çay ve oolong çayından farklı demleme koşullarında elde edilen ekstraktların bileşimi, antioksidan özellikleri ve rengi üzerine yaptıkları bir çalışmada, Orange Pokoe Flowery siyah çay kullanarak 12g/L çay:su oranında 90°C sıcaklıkta 3 dakika süreyle demlenerek elde edilen ekstratın b* değerinin 35.6 ± 1.2 olduğunu saptamışlardır.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250, %0.500) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.8., Şekil 4.36.) elde edilen ekstraktların b* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.36’da verilmiştir.

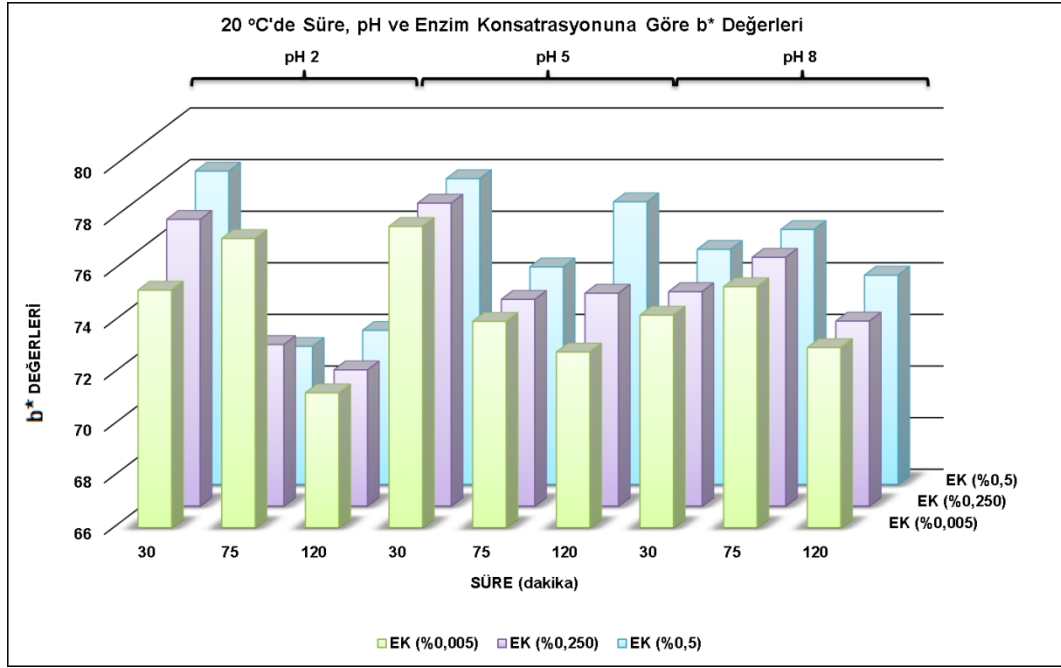


Şekil 4.36. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim

Şekil 4.36’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki b* değerinin arttığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük b* değerinin (71.77) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek b* değerinin (80.24) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 10°C’de pH 5’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250, %0.500) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.8., Şekil 4.37.) elde edilen ekstraktların b* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.37’de verilmiştir.

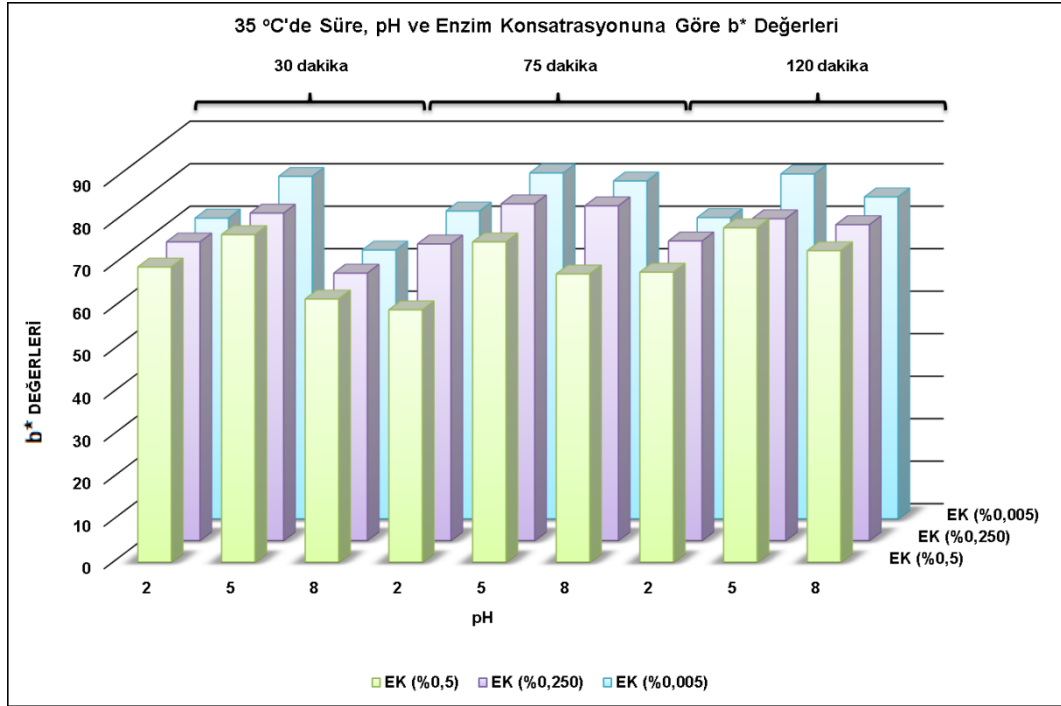


Şekil 4.37. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim

Şekil 4.37’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki b* değerinde artış olmakla birlikte belirgin bir farklılığın olmadığı ($P>0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) ancak inkübasyon süresine bağlı olarak b* değerinin azaldığı tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük b* değerinin (71.23) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek b* değerinin (78.14) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250, %0.500) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.8., Şekil 4.38.) elde edilen ekstraktların b* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.38’de verilmiştir.

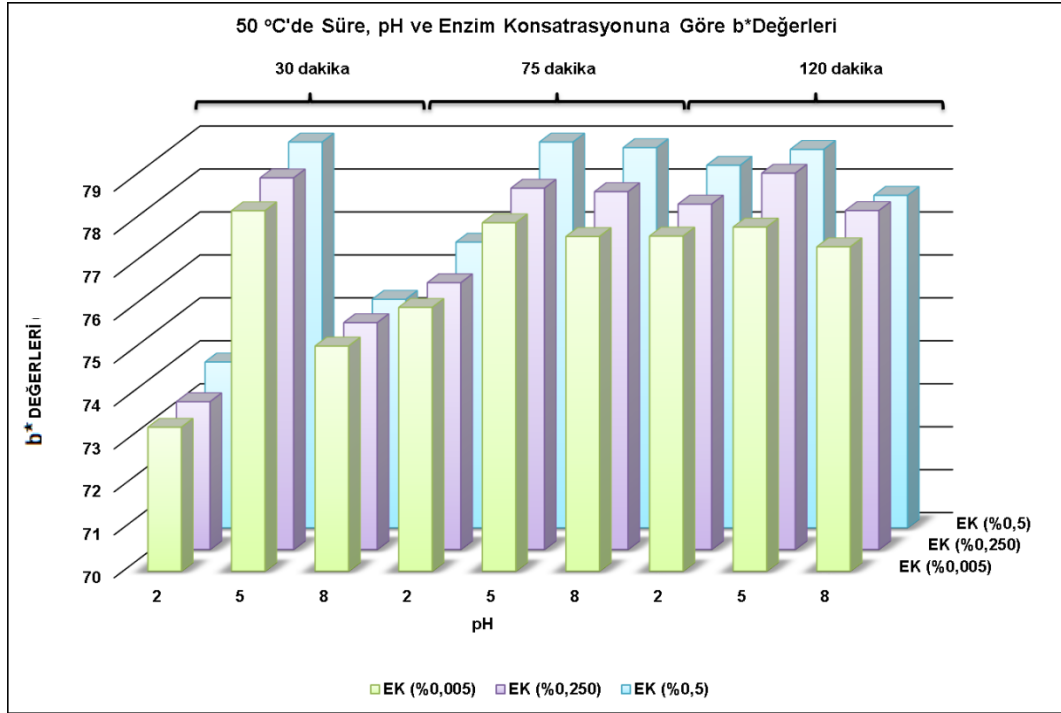


Şekil 4.38. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim

Şekil 4.38’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki b* değerinin azaldığı ($P < 0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P < 0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük b* değerinin (59.36) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$), en yüksek b* değerinin (81.39) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250, %0.500) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.8., Şekil 4.39.) elde edilen ekstraktların b* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.39’da verilmiştir.

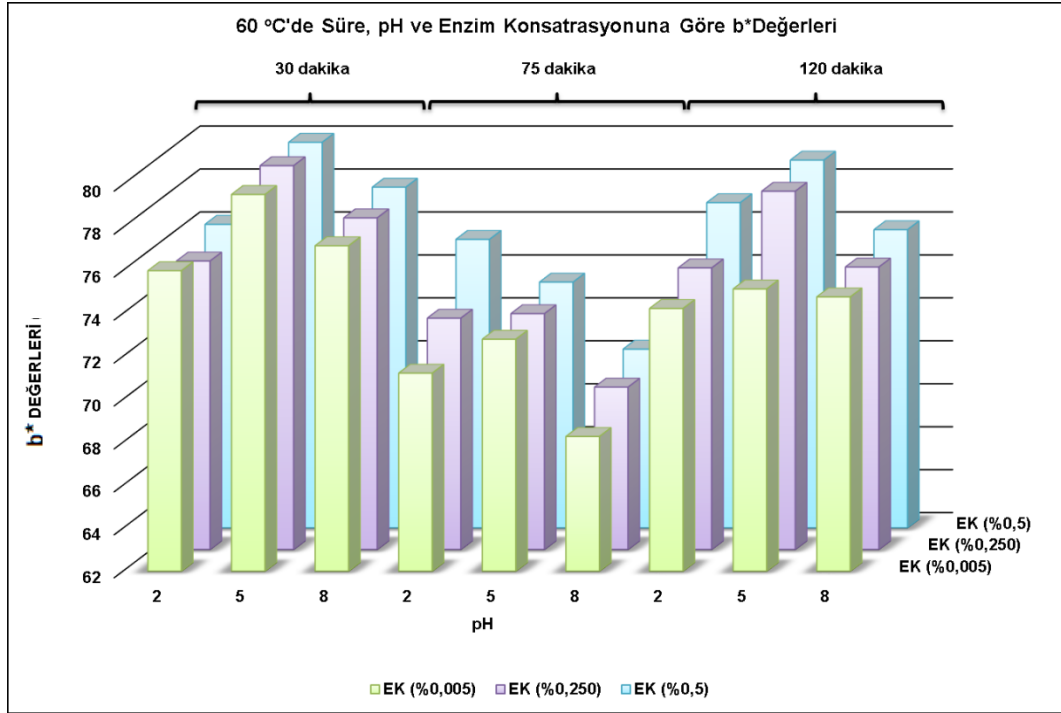


Şekil 4.39. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim

Şekil 4.39’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.250 ve %0.500) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki b* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük b* değerinin (73.35) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek b* değerinin (78.98) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.250, %0.500) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.8., Şekil 4.40.) elde edilen ekstraktların b* değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.40’da verilmiştir.



Şekil 4.40. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre b* değerlerindeki değişim

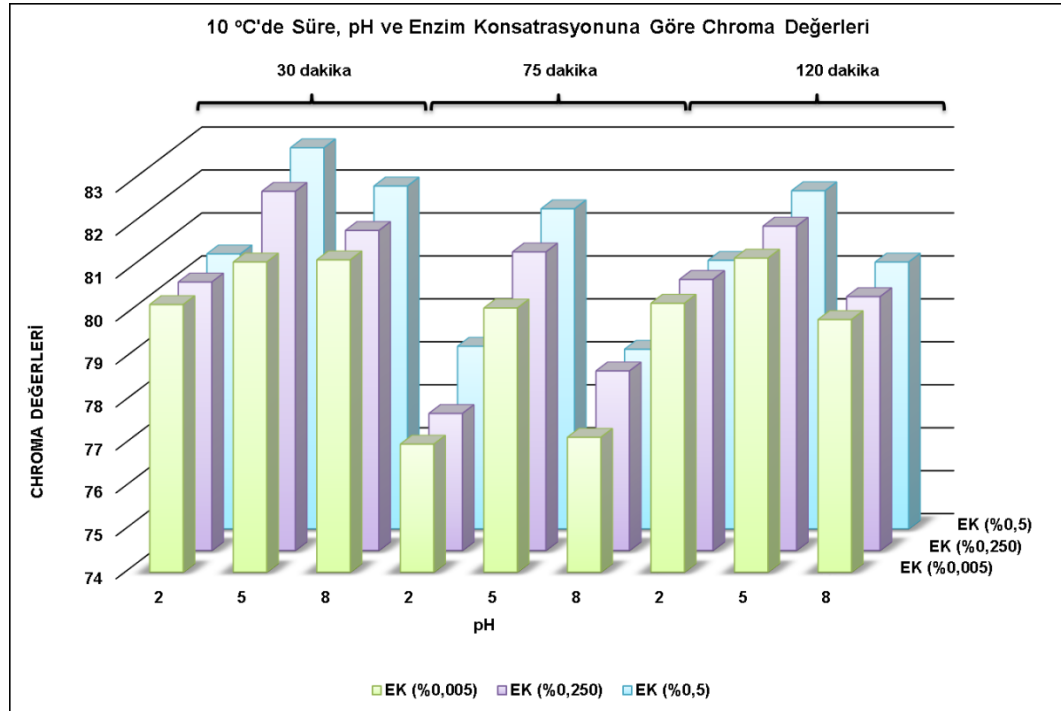
Şekil 4.40’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki b* değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük b* değerinin (68.27) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek b* değerinin (79.95) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 60°C’de pH 5’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.6.4. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Chroma Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların Chroma değeri üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.9. ve Şekil 4.41.-4.45.'de verilmiştir. Tablo 4.9.'un incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay ekstraktlarındaki en düşük Chroma değerinin 69.91 ile 35°C ve pH 2'de 75 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay ekstraktlarındaki en yüksek Chroma değerinin ise 88.51 ile 35°C, pH 5 ve 120 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

Çay lifinin 95°C'de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.9., Şekil 4.41.) elde edilen ekstraktların Chroma değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.41'de verilmiştir.



Şekil 4.41. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C'de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim

Tablo 4.9. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının chroma değeri üzerine etkisi ⁽¹⁾

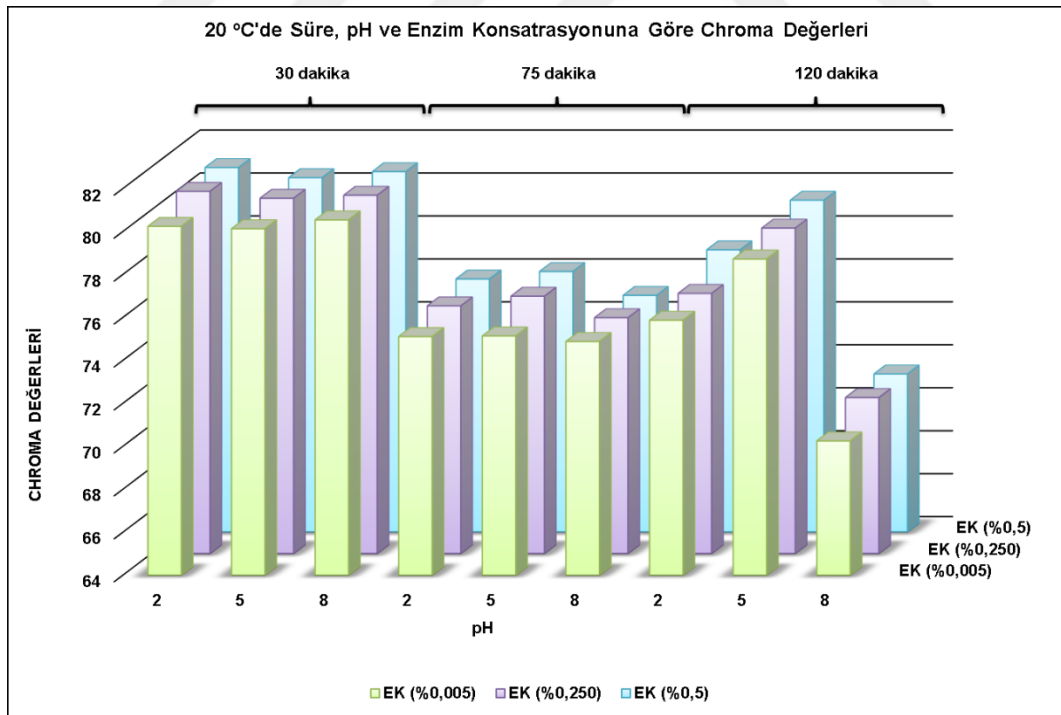
Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Chroma Değeri		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	80.23 ^{j-l}	80.25 ^{jk}	80.40 ^{g-i}
		75	76.98 ^b	77.19 ^z	78.25 ^v
		120	80.26 ^{jk}	80.31 ^{ij}	80.25 ^{jk}
	5	30	81.22 ^{vw}	82.36 ^m	82.87 ^j
		75	80.15 ^{lm}	80.95 ^a	81.45 ^t
		120	81.31 ^{uv}	81.55 ^s	81.87 ^q
	8	30	81.27 ^{uv}	81.45 ^t	81.98 ^p
		75	77.14 ^{z-a}	78.18 ^v	78.18 ^v
		120	79.88 ⁿ	79.91 ⁿ	80.21 ^{k-m}
20	2	30	80.24 ^{j-l}	80.86 ^b	80.96 ^{z-a}
		75	75.11 ^l	75.53 ⁱ	75.77 ^h
		120	75.87 ^g	76.11 ^e	77.13 ^{z-a}
	5	30	80.13 ^m	80.54 ^f	80.49 ^{f-g}
		75	75.14 ^l	75.98 ^f	76.12 ^e
		120	78.72 ^u	79.15 ^s	79.44 ^q
	8	30	80.54 ^f	80.68 ^{de}	80.77 ^c
		75	74.88 ⁿ	74.98 ^m	75.01 ^m
		120	70.25 ^y	71.26 ^x	71.35 ^w
35	2	30	71.46 ^v	72.65 ^s	71.35 ^q
		75	69.91 ^z	72.23 ^u	74.43 ^o
		120	71.44 ^v	72.55 ^t	73.25 ^r
	5	30	79.58 ^p	79.79 ^o	83.78 ^g
		75	77.69 ^w	80.65 ^e	85.96 ^d
		120	81.44 ^t	87.95 ^b	88.51 ^a
	8	30	74.22 ^p	75.41 ^j	76.13 ^e
		75	75.23 ^k	76.25 ^d	78.85 ^t
		120	75.29 ^k	76.34 ^c	77.46 ^x
50	2	30	78.76 ^u	79.25 ^r	79.45 ^q
		75	80.36 ^{hi}	81.22 ^{vw}	81.45 ^t
		120	80.15 ^{lm}	80.65 ^e	81.32 ^u
	5	30	80.21 ^{k-m}	81.12 ^{xy}	81.14 ^{vw}
		75	81.79 ^r	82.04 ^{op}	82.25 ⁿ
		120	80.44 ^{gh}	81.14 ^{vw}	81.13 ^{xy}
	8	30	80.76 ^{cd}	81.13 ^{xy}	83.14 ⁱ
		75	81.32 ^u	82.25 ⁿ	82.44 ^l
		120	80.38 ^{hi}	80.44 ^{gh}	80.98 ^{z-a}
60	2	30	79.25 ^r	79.23 ^{rs}	80.44 ^{gh}
		75	74.81 ⁿ	75.81 ^{gh}	77.34 ^y
		120	75.13 ^l	76.13 ^e	77.35 ^y
	5	30	86.12 ^c	85.66 ^e	83.35 ^y
		75	81.05 ^{yz}	81.97 ^p	82.21 ⁿ
		120	83.78 ^g	82.07 ^o	84.15 ^f
	8	30	82.11 ^o	82.76 ^k	83.41 ^h
		75	75.76 ^h	76.08 ^e	77.06 ^{ab}
		120	79.76 ^o	80.22 ^{k-m}	80.35 ^{hi}

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Şekil 4.41’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Chroma değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük Chroma değerinin (76.98) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Chroma değerinin (82.87) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 10°C’de pH 5’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.9., Şekil 4.42.) elde edilen ekstraktların Chroma değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.42’de verilmiştir.

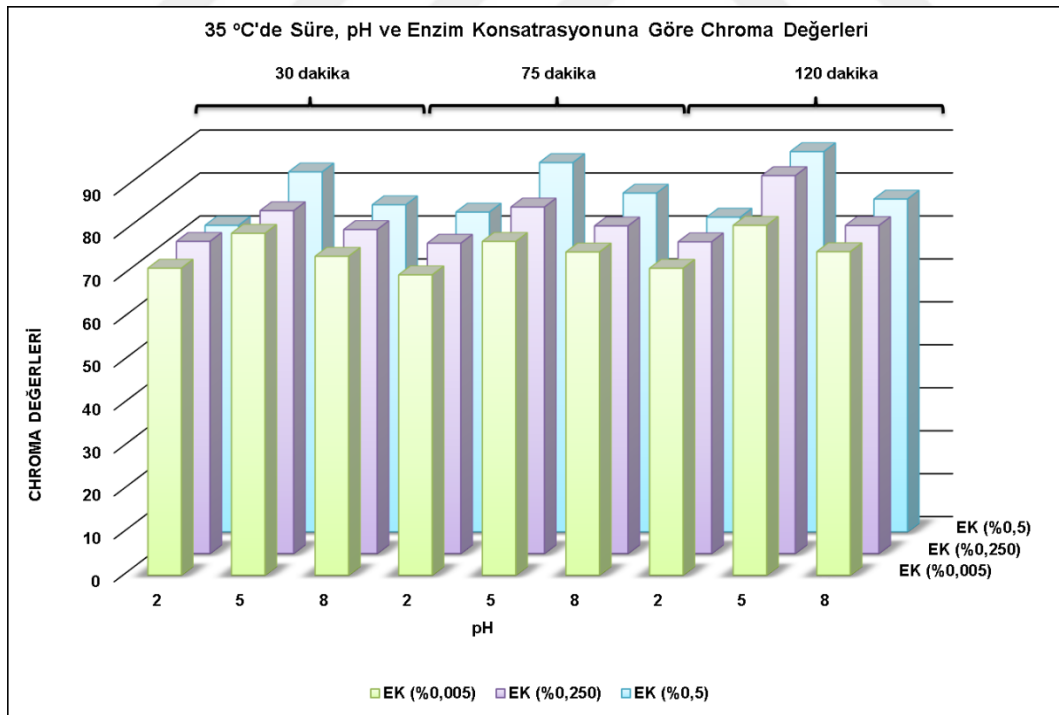


Şekil 4.42. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim

Şekil 4.42’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Chroma değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük Chroma değerinin (70.25) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 8’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Chroma değerinin (80.96) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 20°C’de pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.9., Şekil 4.43.) elde edilen ekstraktların Chroma değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.43’de verilmiştir.

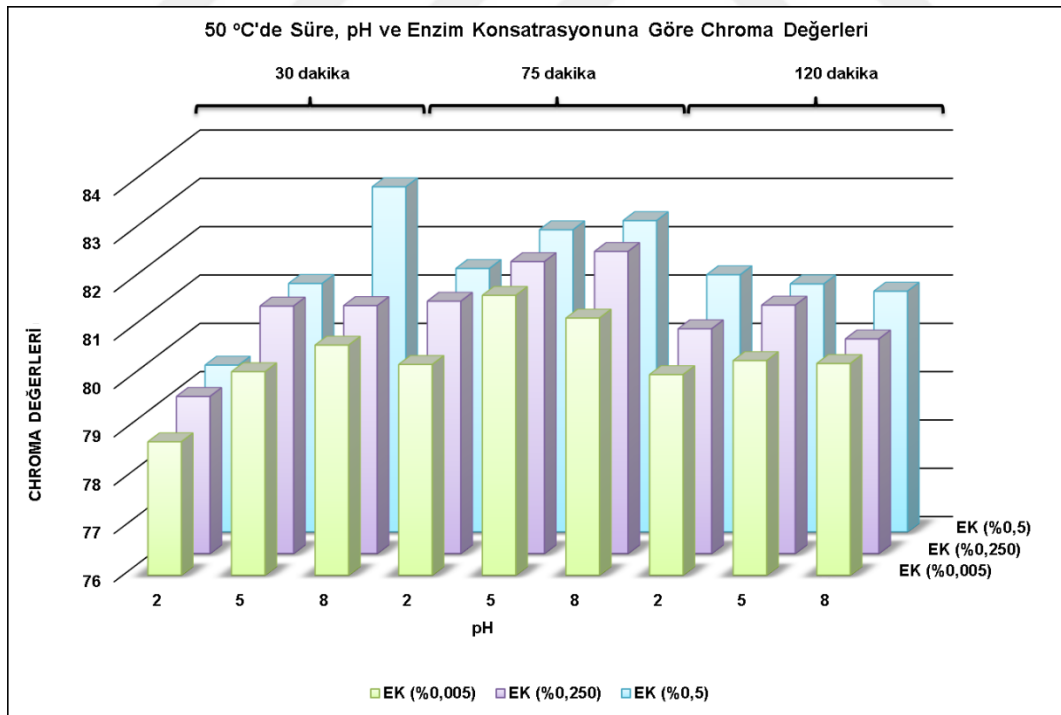


Şekil 4.43. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim

Şekil 4.43’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Chroma değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük Chroma değerinin (69.91) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Chroma değerinin (88.51) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 35°C’de pH 5’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.9., Şekil 4.44.) elde edilen ekstraktların Chroma değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.44’de verilmiştir.

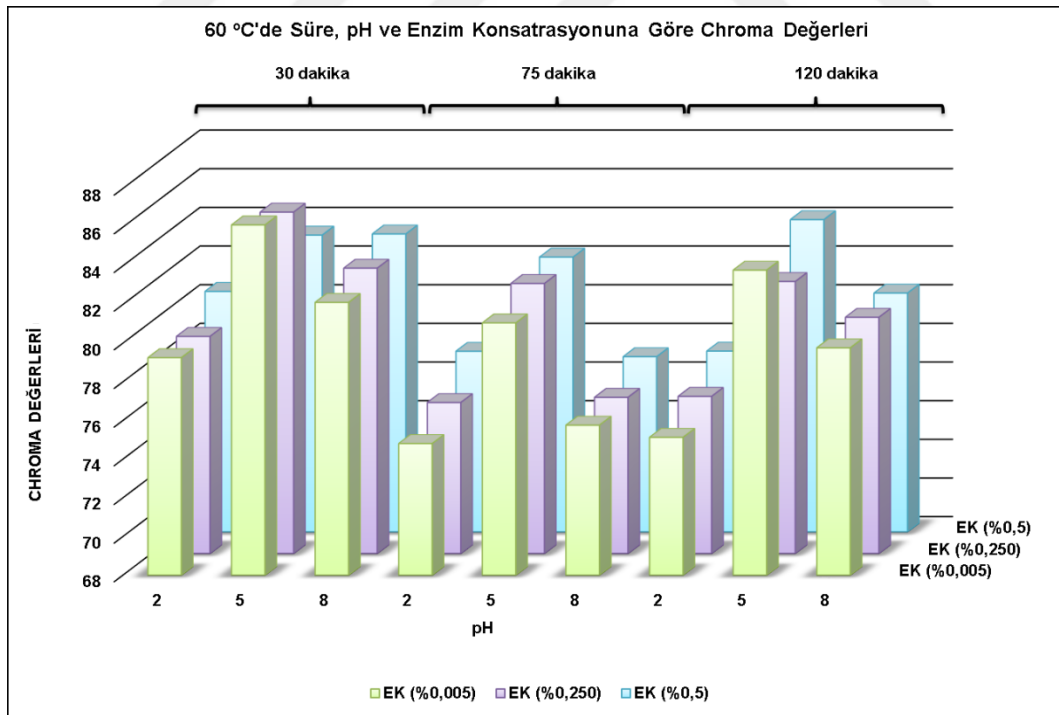


Şekil 4.44. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim

Şekil 4.44'den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Chroma değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük Chroma değerinin (78.76) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2'de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Chroma değerinin (83.14) ise enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve 50°C'de pH 8'de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C'de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz enzim ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.9., Şekil 4.45.) elde edilen ekstraktların Chroma değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.45'de verilmiştir.



Şekil 4.45. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C'de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre chroma değerlerindeki değişim

Şekil 4.45’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki chroma değerinin arttığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

60°C sıcaklıkta en düşük Chroma değerinin (74.81) enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Chroma değerinin (86.12) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 60°C’de pH 5’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

4.6.5. Tannaz Uygulamasının Çay Lifi Ekstraktının Hue Değeri Üzerine Etkisi

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların Hue değeri üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular Tablo 4.9. ve Şekil 4.46.-4.50.’de verilmiştir. Tablo 4.10.’un incelenmesiyle de görülebileceği gibi; elde edilen çay ekstraktlarındaki en düşük Hue değerinin 63.70 ile 35°C ve pH 8’de 30 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay ekstraktlarındaki en yüksek Hue değerinin ise 82.63 ile 35°C ve pH 2’de 75 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır.

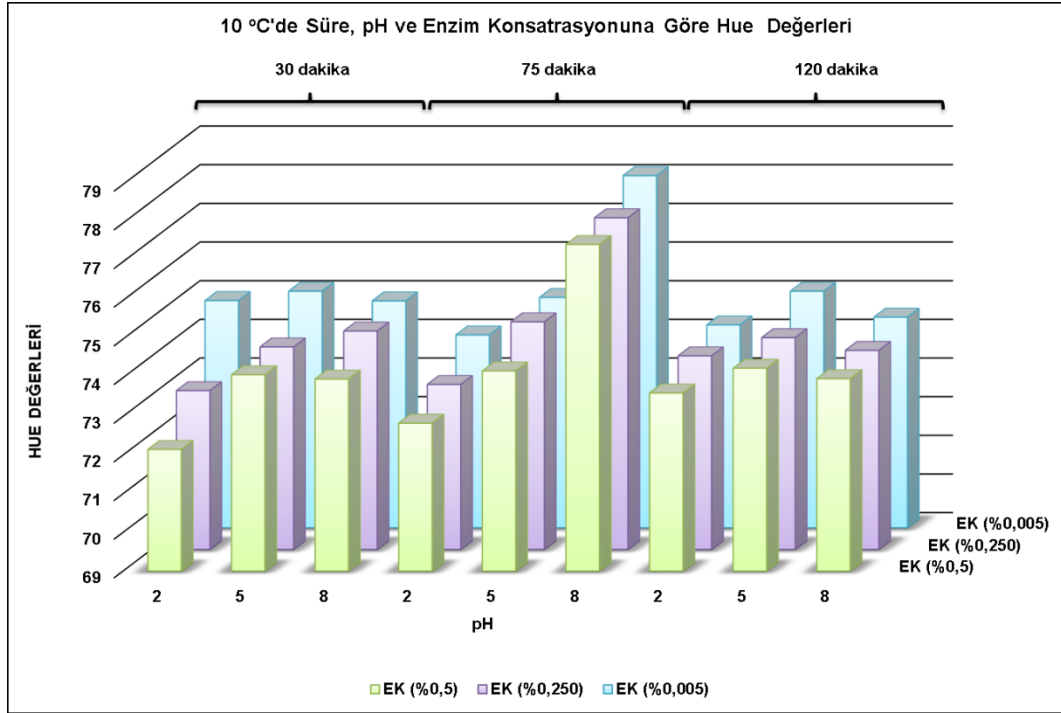
Tannaz ile işleme tabi tutulan ekstraktların Hue değeri (%) üzerinde; sıcaklık (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), süre (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), pH (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%0.005, %0.25 ve %0.5) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.10).

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 10°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.10., Şekil 4.46.) elde edilen ekstraktların Hue değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.46’da verilmiştir.

Tablo 4.10. Tannaz uygulamasının çay lifi ekstraktının hue değeri üzerine etkisi ⁽¹⁾

Sıcaklık (°C)	pH	Süre (dakika)	Hue Değeri		
			Enzim Konsantrasyonu (%)		
			0.005	0.250	0.500
10	2	30	74.88 st	73.11 ^{c-h}	72.15 ^{l-n}
		75	73.99 ^{x-a}	73.27 ^{d-g}	72.83 ^{h-j}
		120	74.25 ^{wx}	74.01 ^{x-a}	73.61 ^{a-d}
	5	30	75.12 ^{rs}	74.24 ^{wx}	74.08 ^{w-z}
		75	74.96 st	74.89 st	74.18 ^{wx}
		120	75.12 ^{rs}	74.48 ^{u-w}	74.25 ^{wx}
	8	30	74.87 st	74.65 ^{t-v}	73.97 ^{x-a}
		75	78.11 ^c	77.58 ^d	77.45 ^d
		120	74.45 ^{vw}	74.15 ^{w-y}	73.98 ^{x-a}
20	2	30	75.15 ^{rs}	74.42 ^{vw}	74.00 ^{x-a}
		75	75.71 ^{n-p}	75.21 ^{r-q}	75.22 ^{r-q}
		120	72.78 ^{h-k}	71.22 ^{r-u}	71.05 ^{u-w}
	5	30	73.73 ^{z-c}	73.51 ^{b-d}	73.31 ^{d-f}
		75	77.21 ^{d-f}	77.01 ^{g-f}	76.41 ^{jk}
		120	72.95 ^{g-i}	72.89 ^{g-i}	71.08 ^{t-w}
	8	30	72.25 ^{lm}	71.89 ^{m-o}	71.25 ^{r-q}
		75	76.44 ^{i-k}	75.24 ^{r-q}	75.03 ^{r-t}
		120	71.15 ^{s-w}	71.02 ^{vw}	70.97 ^{v-x}
35	2	30	76.24 ^{kl}	75.79 ^{m-p}	75.21 ^{r-q}
		75	82.63 ^a	80.25 ^b	76.68 ^{h-j}
		120	77.15 ^{e-g}	76.18 ^{kl}	76.11 ^{k-m}
	5	30	75.57 ^{o-q}	74.84 ^{s-u}	71.79 ^{op}
		75	75.89 ^{l-o}	76.81 ^{g-i}	75.43 ^{p-q}
		120	74.91 st	76.21 ^{kl}	71.63 ^{o-q}
	8	30	68.24 ^f	64.25 ^j	63.70 ^k
		75	64.37 ^j	64.38 ^j	64.40 ^j
		120	77.25 ^{d-f}	76.45 ^{i-k}	75.98 ^{l-n}
50	2	30	72.28 ^{lm}	71.61 ^{o-q}	71.51 ^{o-q}
		75	72.35 ^l	72.21 ^{lm}	70.25 ^{z-c}
		120	72.55 ^{i-l}	72.34 ^l	72.31 ^l
	5	30	72.43 ^{kl}	72.24 ^{lm}	71.47 ^{p-q}
		75	73.86 ^{x-b}	72.89 ^{g-i}	72.15 ^{l-n}
		120	73.75 ^{y-c}	73.61 ^{a-d}	73.53 ^{b-d}
	8	30	71.46 ^{p-q}	71.23 ^{r-q}	70.99 ^{v-x}
		75	72.76 ^{h-k}	71.45 ^{p-q}	70.98 ^{v-x}
		120	73.44 ^{cde}	72.98 ^{f-h}	72.45 ^{j-l}
60	2	30	71.61 ^{o-q}	70.81 ^{w-y}	70.51 ^{y-a}
		75	74.67 ^{t-v}	73.67 ^{a-d}	73.55 ^{b-d}
		120	71.12 ^{s-w}	70.25 ^{z-c}	69.77 ^{de}
	5	30	71.18 ^{s-w}	70.96 ^{v-x}	70.61 ^{x-z}
		75	70.14 ^{a-d}	69.87 ^{c-e}	68.76 ^f
		120	70.21 ^{a-c}	69.81 ^{de}	69.51 ^e
	8	30	71.77 ^{op}	72.56 ^{i-l}	70.10 ^{b-d}
		75	66.52 ^h	66.11 ⁱ	66.02 ⁱ
		120	70.32 ^{z-b}	70.25 ^{z-c}	70.23 ^{z-c}

⁽¹⁾ Tabloda aynı harfle belirtilen değerler arasındaki farklar, istatistiksel anlamda 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

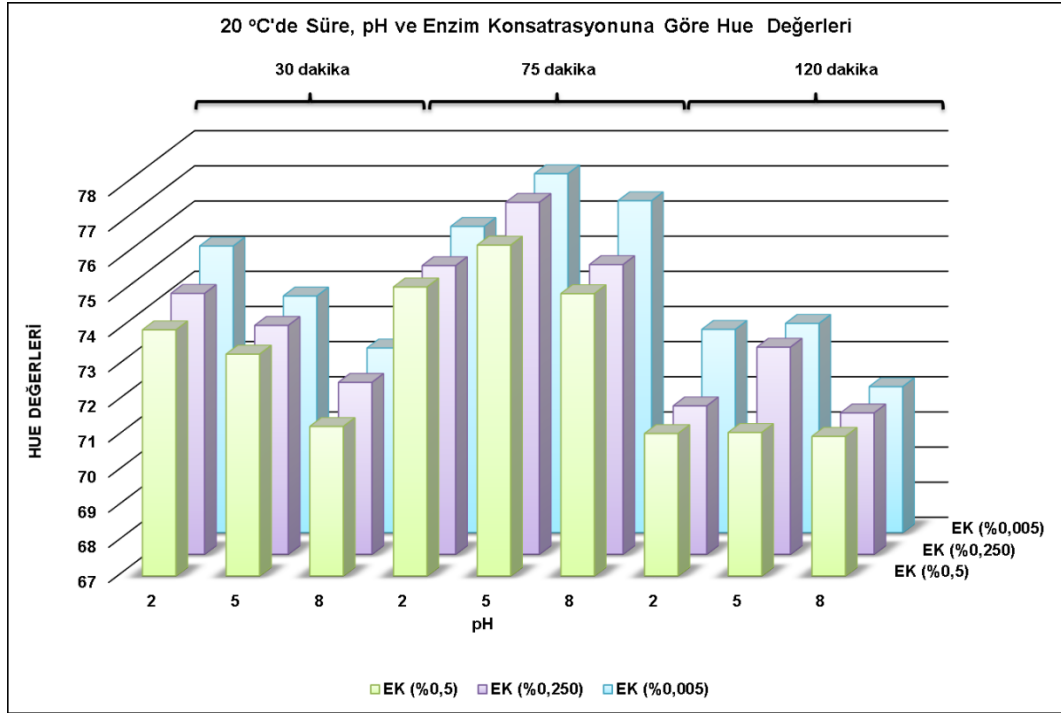


Şekil 4.46. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 10°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim

Şekil 4.46’den da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 10°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Hue değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

10°C sıcaklıkta en düşük Hue değerinin (72.15) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 2’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Hue değerinin (78.11) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 10°C’de pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 20°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.10., Şekil 4.47.) elde edilen ekstraktların Hue değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.47’de verilmiştir.

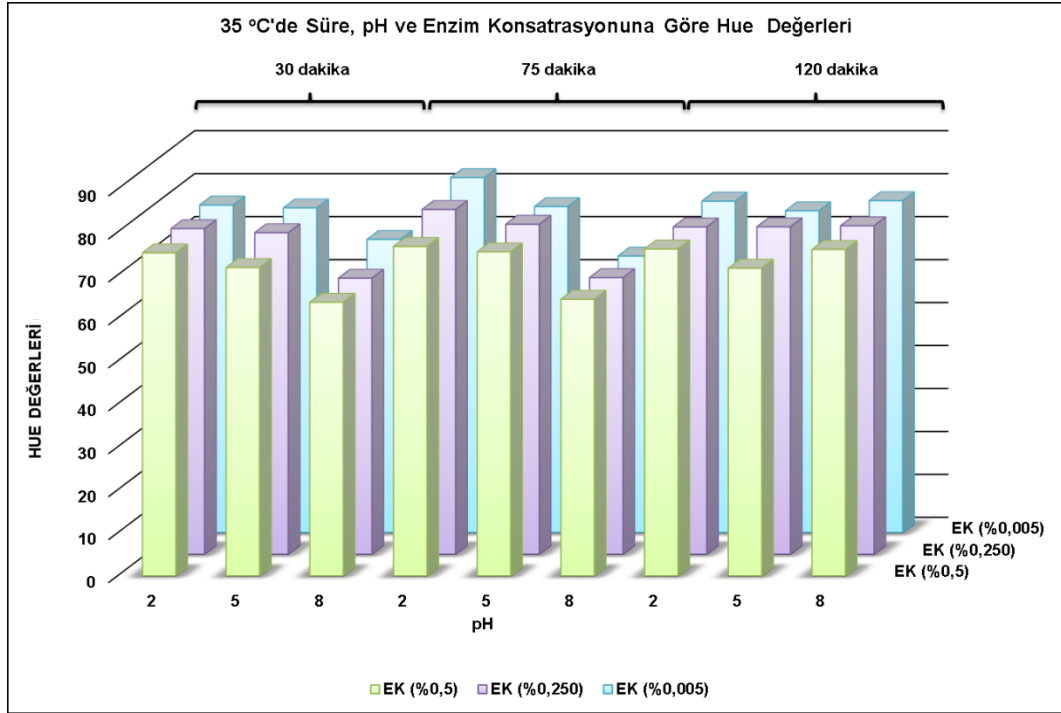


Şekil 4.47. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 20°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim

Şekil 4.47’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 20°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Hue değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

20°C sıcaklıkta en düşük Hue değerinin (70.97) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 120 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Hue değerinin (77.21) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 20°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 35°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.10., Şekil 4.48.) elde edilen ekstraktların Hue değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.48’de verilmiştir.

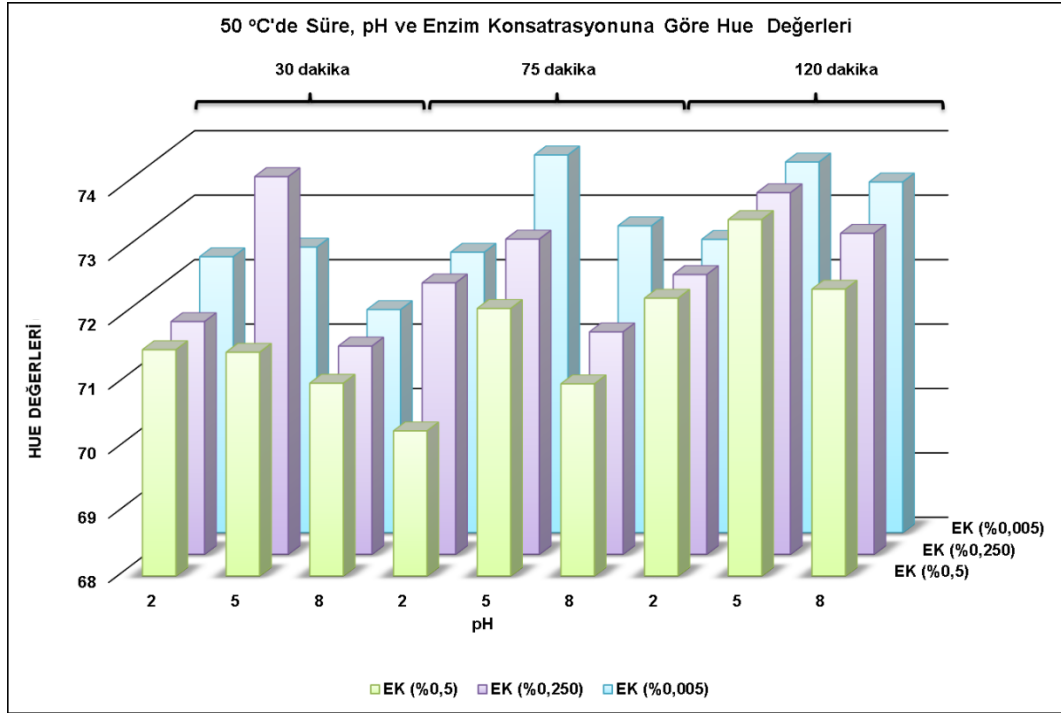


Şekil 4.48. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 35°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim

Şekil 4.48’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 35°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Hue değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

35°C sıcaklıkta en düşük Hue değerinin (63.70) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 30 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Hue değerinin (82.63) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 35°C’de pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 50°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.10., Şekil 4.49.) elde edilen ekstraktların Hue değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.49’da verilmiştir.

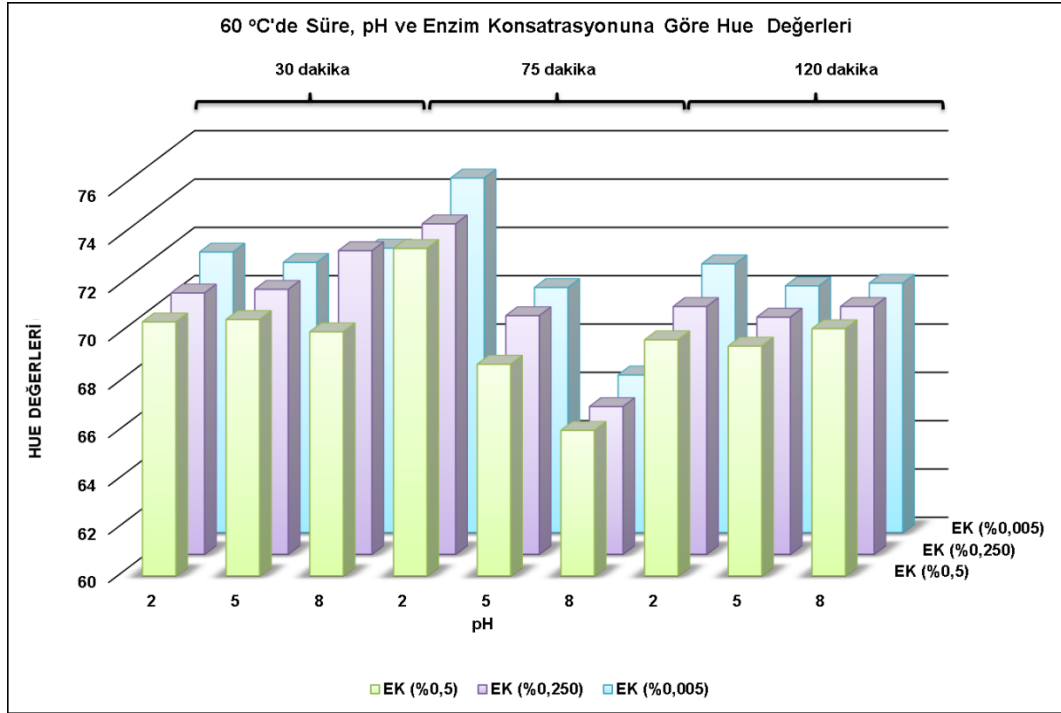


Şekil 4.49. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 50°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim

Şekil 4.49’dan da görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 50°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Hue değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

50°C sıcaklıkta en düşük Hue değerinin (70.25) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Hue değerinin (73.86) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 50°C’de pH 5’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinin 95°C’de 15 dakika süreyle demlenmesiyle elde edilen çay lifi ekstraktının; 60°C sıcaklıkta farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu (Tablo 4.10., Şekil 4.50.) elde edilen ekstraktların Hue değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.50’de verilmiştir.



Şekil 4.50. Çay lifinden elde edilen ekstraktın 60°C’de süre, pH ve enzim konsantrasyonuna göre hue değerlerindeki değişim

Şekil 4.50’den de görülebileceği gibi; enzim konsantrasyonundaki artışla birlikte (%0.005, %0.25 ve %0.5) 60°C sıcaklıkta tannaz ile işlem görmüş çay lifi ekstraktındaki Hue değerinin azaldığı ($P<0.05$) ve kullanılan enzim konsantrasyonunun (%) istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. 60°C sıcaklıkta en düşük Hue değerinin (66.02) enzim konsantrasyonunun %0.5 olduğu ve pH 8’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$), en yüksek Hue değerinin (74.67) ise enzim konsantrasyonunun %0.005 olduğu ve 60°C’de pH 2’de 75 dakika süreyle bekletilen çay lifi ekstraktlarında ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çay lifinden elde edilen ekstraktların; farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH değerlerinde (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (EK) (%0.005, %0.25 ve %0.5) tannaz ile işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ekstraktların krema miktarı (%), suda çözünür kuru madde (SÇKM, %briks), toplam renk (%), bulanıklık (NTU), transmittans, L^* değeri, a^* değeri, b^* değeri, Chroma değeri ve Hue değerinin arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon tablosu da (Şekil 4.11.)’de verilmiştir.

Değişkenlere bağlı korelasyon tablosu

The CORR Procedure															
Pearson Correlation Coefficients, N = 405															
Prob > r under H0: Rho=0															
	T	pH	EC	S	Tek	Krema	SKM	Renk	Transmittans	Bulaniklik	L	a	b	C	h
T	1.00000 0.00000 1.00000	0.00000 0.00000 1.00000	0.00000 0.00000 1.00000	0.00000 0.00000 1.00000	0.00000 0.00000 1.00000	-0.17123 0.0005 0.0005	-0.05347 0.2830 0.25365	0.05094 0.3065 0.04273	-0.02112 0.6718 -0.08654	0.06276 0.2076 -0.14684	-0.19058 0.0001 -0.81657	0.14471 0.0035 0.55469	0.04489 0.3676 0.05327	0.14614 0.0032 0.13481	-0.44318 <.0001 -0.26913
pH	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	-0.14015 0.0047	0.25365 <.0001	0.04273 0.3911	-0.08654 0.0820	0.0031	<.0001	<.0001	0.05327 0.2848	0.13481 0.0066	-0.26913 <.0001
EC	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	-0.34029 0.0001	0.56248 <.0001	0.46929 0.0001	0.21565 0.0001	-0.15230 0.0021	-0.07814 0.1164	-0.11350 0.0223	0.00469 0.9250	0.16925 0.0006	-0.16896 0.0006
S	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	-0.03399 0.4952	0.02706 0.5871	-0.00208 0.9667	0.06506 0.1913	-0.20754 0.0001	-0.01364 0.7844	0.00118 0.9811	-0.02526 0.6123	-0.14485 0.0035	0.07715 0.1211
Tek	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00000 1.00000	0.00712 0.8865	0.00842 0.8659	0.00734 0.8830	-0.00058 0.9907	0.00449 0.9282	0.00016 0.9974	-0.00518 0.9172	0.00026 0.9958	0.00161 0.9743	0.00714 0.8861
Krema	-0.17123 0.0005	-0.14015 0.0047	-0.34029 0.0001	-0.03399 0.4952	0.00712 0.8865	1.00000 0.0000	-0.55393 0.0001	-0.37035 0.0001	-0.50276 0.0001	0.05607 0.0001	0.12462 0.0121	0.12153 0.0144	0.01460 0.7696	-0.01532 0.7586	-0.00961 0.8471
SKM	-0.05347 0.2830	0.25365 0.0001	0.56248 0.0001	0.02706 0.5871	0.00842 0.8059	1.00000 0.0000	0.43111 0.0001	0.00734 0.8830	0.32354 0.0001	-0.50705 0.0001	-0.29964 0.0001	0.00591 0.9056	0.04976 0.3179	0.12719 0.0104	-0.00751 0.8802
Renk	0.05094 0.3065	0.04273 0.3911	0.46929 0.0001	0.00208 0.9667	0.00734 0.8830	-0.37035 0.0001	0.43111 0.0001	1.00000 0.0000	0.22643 0.0001	-0.10588 0.0332	-0.04998 0.3157	0.13858 0.0052	-0.00829 0.8678	0.27371 0.0001	-0.12627 0.0110
Transmittans	-0.02112 0.6718	-0.08654 0.0820	0.21565 0.0001	0.06506 0.1913	-0.00058 0.9907	-0.50276 0.0001	0.32354 0.0001	0.22643 0.0001	1.00000 0.0000	-0.36544 0.0001	0.21626 0.0001	-0.20168 0.0001	0.10221 0.0398	0.15304 0.0020	0.30814 0.0001
Bulaniklik	0.06276 0.2076	-0.14684 0.0031	-0.15230 0.0021	-0.20754 0.0001	0.00449 0.9282	0.05607 0.0001	0.12462 0.0121	0.12153 0.0144	0.01460 0.7696	0.00026 0.9958	0.00161 0.9974	0.00591 0.9056	0.16499 0.0009	0.11060 0.0260	-0.13247 0.0076
L	-0.19058 0.0001	-0.81657 0.0001	-0.07814 0.1164	-0.01364 0.7844	0.00016 0.9974	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001	0.9974 0.0001
a	0.14471 0.0035	0.55469 0.0001	-0.11350 0.0223	0.00118 0.9811	-0.02526 0.6123	0.12462 0.0121	0.29964 0.0001	0.00591 0.9056	-0.04998 0.3157	0.06621 0.1836	0.06621 0.1836	0.56566 1.00000	0.13590 0.0062	0.25818 0.0001	-0.26892 0.0001
b	0.04489 0.3676	0.05327 0.2848	0.00469 0.9250	-0.02526 0.6123	0.00026 0.9958	0.01460 0.7696	0.04976 0.3179	-0.00829 0.8678	0.10221 0.0398	0.16499 0.0009	0.16499 0.0009	0.13590 0.0062	0.25818 0.0001	0.60251 0.0001	0.08963 0.0716
C	0.14614 0.0032	0.13481 0.0066	0.16925 0.0006	-0.14485 0.0035	0.00161 0.9743	-0.01532 0.7586	0.12719 0.0104	0.27371 0.0001	0.05304 0.0020	0.11060 0.0260	-0.16556 0.0008	0.25818 0.0001	0.60251 0.0001	1.00000 0.0000	-0.17035 0.0006
h	-0.44318 0.0001	-0.26913 0.0001	-0.16896 0.0006	0.07715 0.1211	0.00714 0.8861	-0.00961 0.8471	-0.00751 0.8802	-0.12627 0.0110	0.30814 0.0001	-0.13247 0.0076	-0.42064 0.0001	-0.26892 0.0001	0.08963 0.0716	-0.17035 0.0006	1.00000 0.0000

Tablo 4.11.'in incelenmesiylede görülebileceği gibi; krema miktarı (%) ile bulanıklık değeri (NTU) arasında pozitif yönde ($r=0.656$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve krema miktarı (%) arttıkça bulanıklık değerinin de (NTU) arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, krema miktarı (%) ile toplam renk (%) ve transmittans (%T) değerleri arasında ise negatif yönde (sırasıyla; $r=-0.554$ ve $r=0.503$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, krema miktarı arttıkça toplam renk (%) ve transmittans (ışık geçirgenliği, %T) değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, krema miktarı (%) ile renk değerlerinden L^* , a^* ve b^* değerleri arasında çok düşük düzeyde pozitif yönde, Chroma ve hue değerleri arasında çok düşük düzeyde negatif yönde korelasyonel bir ilişki olduğu da saptanmıştır (Tablo 4.11.).

Tablo 4.11.'den de görülebileceği gibi; toplam renk değeri (%) ile SÇKM miktarı (°briks) arasında pozitif yönde ($r=0.431$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve SÇKM miktarı (°briks) arttıkça toplam renk değerinin (%) arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, toplam renk değeri (%) ile krema miktarı (%) arasında ise negatif yönde ($r=-0.370$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, krema miktarı azaldıkça toplam renk değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Bulanıklık değeri (NTU) incelendiğinde ise (Tablo 4.11.); bulanıklık değeri (NTU) ile krema miktarı (%) arasında pozitif yönde ($r=0.656$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve krema miktarı (%) arttıkça bulanıklık değerinin (NTU) arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, bulanıklık değeri (NTU) ile SÇKM miktarı (°briks) arasında ise negatif yönde (sırasıyla; $r=-0.507$, $p<0.05$) yüksek düzeyde, transmittans değeri (%T) ile de negatif yönde ($r=-0.365$, $p<0.05$) orta düzeyde, anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, SÇKM miktarı arttıkça bulanıklık değerinin azaldığı ve bulanıklık değeri arttıkça da transmittans değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.11.).

Tablo 4.11.'in incelenmesiylede görülebileceği gibi; transmittans (%T) değerleri ile SÇKM miktarı (°briks) ve hue değeri arasında pozitif yönde (sırasıyla, $r=0.324$ ve $r=0.308$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve SÇKM miktarı arttıkça transmittans (%T) değeri ve hue değerinin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, transmittans (%T) değerleri ile krema miktarı (%) arasında ise negatif yönde ($r=-0.503$, $p<0.05$) yüksek düzeyde, bulanıklık değeri (NTU) ile ($r=-0.365$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, krema

miktarı ve bulanıklık değeri azaldıkça transmittans (%T) değerinin arttığı tespit edilmiştir (Tablo 4.11.).

SÇKM miktarı (°briks) incelendiğinde ise (Tablo 4.11.); SÇKM miktarı (°briks) ile enzim konsantrasyonu (tannaz, %) arasında pozitif yönde ($r=0.563$, $p<0.05$) yüksek düzeyde, toplam renk ve transmittans değeri arasında ise orta düzeyde (sırasıyla, $r=0.431$ ve $r=0.324$, $p<0.05$) anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça SÇKM miktarının arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, SÇKM miktarı (°briks) ile krema miktarı (%) ve bulanıklık değeri (NTU) değerleri arasında ise negatif yönde (sırasıyla, $r=-0.554$ ve $r=-0.507$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, SÇKM miktarı arttıkça krema miktarı ve bulanıklık değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.11.).

Tablo 4.11.'den de görülebileceği gibi; L^* değeri ile hue değeri arasında pozitif yönde ($r=0.421$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve L^* değeri arttıkça hue değerinin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, L^* değeri ile pH ve a^* değeri arasında ise negatif yönde (sırasıyla, $r=-0.817$ ve $r=-0.566$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, L^* değeri arttıkça a^* değerinin azaldığı ve pH düştükçe L^* değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.11.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; a^* değeri ile pH arasında pozitif yönde ($r=0.555$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve pH arttıkça a^* değerinin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, a^* değeri ile L^* değeri arasında ise negatif yönde ($r=-0.566$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, a^* değeri arttıkça L^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir.

b^* değeri incelendiğinde ise; b^* değeri ile Chroma değeri arasında pozitif yönde ($r=0.603$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve b^* değeri arttıkça Chroma değerinin arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.11.).

Hue değeri incelendiğinde ise (Tablo 4.11.); hue değeri ile transmittans ve L^* değerleri arasında pozitif yönde (sırasıyla, $r=0.308$ ve $r=0.421$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve hue değeri arttıkça transmittans ve L^* değerleri arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, hue değeri ile sıcaklık (T, °C) arasında ise negatif yönde ($r=-0.443$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu, sıcaklık arttıkça hue değerinin azaldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çay lifinden çay lifi ekstraktı üretiminde tannaz kullanımının dem rengi ve görünüş üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; çay lifi kullanılarak elde edilen çay lifi ekstraktlarında tannaz ticari enzim preparatı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda (%0.005, %0.25 ve %0.5), farklı sürelerde (30 dakika, 75 dakika ve 120 dakika), farklı pH aralıklarında (pH 2, pH 5 ve pH 8) ve farklı sıcaklıklarda (10°C, 20°C, 35°C, 50°C ve 60°C) tannaz uygulanmasının çay ekstraktlarının krema miktarı, suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam renk, transmittans, bulanıklık (NTU) ve renk değerleri (L^* , a^* , b^* , Chroma ve *hue*) üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen bulguların bir arada değerlendirilmesi sonucu, çay lifi ekstraktlarında;

- Bulanıklığı ifade eden, en düşük krema miktarının %0.002 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- En yüksek suda çözünür kuru madde miktarının ise 1.57°briks ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- Berraklığı ve ışık geçirgenliği ifade eden, en düşük bulanıklık değerinin 3.11 NTU ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde ($P<0.05$), en yüksek transmittans değerinin ise %96.21 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- Rengin yoğunluğunu ifade eden, en yüksek toplam renk değerinin %2.79 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- Rengin açıklığını ve koyuluğunu gösteren, en yüksek L^* değeri ise 86.68 ile 10°C, pH 2 ve 120 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),

- Kırmızı-kahverengi renk maddelerinin artışını gösteren, en yüksek a^* değerinin ise 28.43 ile 60°C, pH 8 ve 75 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- Kırmızımsı-turuncu renk maddelerinin artışını gösteren en yüksek b^* değerinin 81.39 ile 35°C, pH 5 ve 75 dakika süreyle %0.005 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$),
- Rengin yoğunluğunu, canlılık veya matlık özelliğini gösteren en yüksek Chroma değerinin 88.51 ile 35°C, pH 5 ve 120 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlen görmüş örneklerde ($P<0.05$),
- Kırmızı ve sarı rengi ifade eden (Hue açısı 0 ise renk kırmızı, 90 ise sarı), En düşük Hue değerinin 63.70 ile 35°C, pH 8 ve 30 dakika süreyle %0.5 oranında tannaz ile işlem görmüş ekstraktlarda ($P<0.05$)

olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca,

- Krema miktarı (%) ile bulanıklık değeri (NTU) arasında pozitif yönde ($r=0.656$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve krema miktarı (%) arttıkça bulanıklık değerinin de (NTU) arttığı,
- Toplam renk değeri (%) ile SÇKM miktarı (°briks) arasında pozitif yönde ($r=0.431$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve SÇKM miktarı (°briks) arttıkça toplam renk değerinin (%) arttığı,
- Bulanıklık değeri (NTU) ile krema miktarı (%) arasında pozitif yönde ($r=0.656$, $p<0.05$) yüksek düzeyde anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve krema miktarı (%) arttıkça bulanıklık değerinin (NTU) arttığı,
- Transmittans (%T) değerleri ile SÇKM miktarı (°briks) ve hue değeri arasında pozitif yönde (sırasıyla, $r=0.324$ ve $r=0.308$, $p<0.05$) orta düzeyde anlamlı

korelasyonel bir ilişki olduğu ve SÇKM miktarı arttıkça transmittans (%T) değeri ve hue değerinin arttığı,

- SÇKM miktarı (°briks) ile enzim konsantrasyonu (tannaz, %) arasında pozitif yönde ($r=0.563$, $p<0.05$) yüksek düzeyde, toplam renk ve transmittans değeri arasında ise orta düzeyde (sırasıyla, $r=0.431$ ve $r=0.324$, $p<0.05$) anlamlı korelasyonel bir ilişki olduğu ve enzim konsantrasyonu arttıkça SÇKM miktarının arttığı

sonuçlarına varılmıştır.

Elde edilen bu bulgular ve sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde; çay lifi ekstraktı üretiminde tannaz (5000 U/g) kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar, en uygun işlemin ekstratın tannaz ile % 0.5 enzim konsantrasyonunda, pH 5 ve 35 °C’de 75 dakika süreyle inkübasyonu olduğunu göstermiştir.

Elde edilen bulguların ışığında; yapılacak çalışmalarla tannaz vb. enzimlerin çay ya da çay lifi ekstraktı üretiminde kullanılmasının yanısıra elde edilecek ekstraktlarda kafein, theaflavin (TF)/thearubijin (TR), kateşin (Gallik Asit, EGC, C, EGCG, EC, ECG), fenolik madde dağılımı vb. diğer bileşenlerin de incelenmesi yararlı olacaktır.

Ekonomik değeri olmayan bu ürün daha çok yakılarak imha edilmekte ya da kurulu çok az işletmede özellikle soğuk çay üretiminde kullanılan çay ekstraktı ve/veya konsantresi ya da çay tozu (instant tea) üretiminde kullanılmaktadır. Elde edilen bu ürünlerden daha çok çay zenginleştirmesinde ve içecek üretiminde hammadde olarak yararlanılmaktadır. Bu nedenle çay lifinin ekonomik değerinin artırılması gereklidir. Ancak, ikinci kalite çaylardan ve çay liflerinden üretilen ekstraktların özellikle soğuk içeceklerde (soğuk çay, instant tea vb.) kullanılması sonucu meydana gelebilecek bulanıklığın ve acı tadın önlenmesi önemlidir. Bu açıdan Tannaz kullanılarak düşük kaliteli çaylardan ya da çay lifinden çok daha iyi kalitede çay ekstraktı ve/veya konsantresi ya da çay tozu üretilir.

KAYNAKLAR

Agbo, F., Spradlin, J. E. (1995). Enzymatic clarification of tea extracts. United State Patent, US-5.445,836.

Aguilar, C.N., Gutierrez,-Sanchez G., (2001). Sources, properties, applications and potential uses of tannin acyl hydrolase. Food Science and Technology International, 7(5), ss.373-382.

Aguilar, C.N., Rodriguez, R., Gutierrez-Sanchez, Agur, C., Favela-Torres, E., Prado-Barragan, (2007). Mikrobiyal tannazlar: Gelişmeler ve perspektifler. Uygulama Mikro Biyoteknoloji, 76, ss. 47-59.

Ataman, (2023). Erişim adresi: <https://atamankimya.com/index.asp>. Erişim tarihi: 12.01.2023.

Alikılıç, D. (2016). Çayın Karadeniz Bölgesi için Önemi. Karadeniz İncelemeleri Dergisi, 269-280.

Altan, A. (1997). Özel Gıdalar Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın no:178, Ders Kitabı no:55, Adana.

Anonim, (2010). Çayda Oksidasyon. Ankara. Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C3%87ayda%20Oksidasyon.pdf. Erişim tarihi: 12.01.2023.

Anonim, (2011a). Karışımları Ayırma. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Kimya Teknolojisi 524KI0234. Erişim adresi: http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kar%C4%B1%C5%9F%C4%B1mlar%C4%B1%20Ay%C4%B1rma.pdf.

Anonim, (2011b). Siyah Çayda Kurutma. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi 541GIO107. Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Siyah%20%C3%87ayda%20Kurutma.pdf. Erişim tarihi: 12.01.2023.

Astill, C., Birch, M. R., Dacombe, C., Humphrey, P. G., ve Martin, P. T., (2001). Factors effecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. Journal of Agricultural And Food Chemistry, 49(11), ss. 5340-5347.

Balcı-Torun, F., Özdemir K. S., Mavuş, R., Torun, M. (2021). Siyah çay üretim atıklarından konsantre çay ekstraktı üretiminde krema oluşum koşullarının ve bileşiminin belirlenmesi. Gıda, 46 (2) , ss. 339-350.

Barmantlo, B., Bel, W. J., Hoogstad, B. (1993). Process of preparing a tea product. United State Patent, US-5258188.

Battestin, V., Macedo, G.A., De Freitas, V.A.P. (2008). Hydrolysis of epigallocatechin gallate using a tannase from *Paecilomyces variotii*. *Food Chemistry*, 108(1), ss. 228-233.

Belmares, R., Contreras-Esquivel, J.C., Rodriguez-Herrera, R., Coronel, A.R.ve Aguilar. (2004). İki *Aspergillus niger* suşu tarafından tannaz üretimi üzerinde karbon kaynağının etkisi. *Rev Mex Ing Quim*, 2, ss. 95-100.

Besler, H.T., ve Fisunoğlu, M. (2012). Çay ve sağlık ilişkisi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Yayını. Klasmat Matbaacılık, 7-8, 06100-Sıhhiye, Ankara.

Boadi, D.K., Neufelda, R.J. (2001). Encapsulation of tannase for the hydrolysis of tea tannins. *Enzyme and Microbial Technology*, 28(7-8), ss. 590-595.

Both, S., Chemat, F., Strube, J., (2014). Extraction of polyphenols from black tea—conventional and ultrasound assisted extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(3), ss. 1030-1034.

Cao, Q., Zou, C., Zhang, Y. H., Du, Q. Z., Yin, J. F., Shi, J., Xue, S., Xu, Y.Q. (2019). Improving the taste of autumn green tea with tannase. *Food Chemistry*, 277, ss. 432-437.

Chandini, S. K., Rao, L. J., Gowthaman, M. K., Haware, D. J., & Subramanian, R., (2011a). Enzymatic treatment to improve the quality of black tea extracts. *Food chemistry*, 127(3), ss. 1039-1045.

Chandini, S. K., Rao, L. J. ve Subramanian, R., (2011b). Influence of extraction conditions on polyphenols content and cream constituents in black tea extracts. *International Journal of Food Science And Technology*, 46, ss. 879–886.

Chandini, S. Kumar, R. Subramanian, L.Jaganmohan Rao. (2013a). Application of enzymes in the production of RTD black tea beverages: A review. *Food Science and Nutrition* ss. 180-197.

Chandini S. K., Rao L. J., Subramanian R. (2013b). Membrane clarification of black tea extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), ss. 1926–1943.

Chao, Y.C., Chiang, B.H. (1999). The roles of catechins and caffeine cream formation a semi-fermented tea. *Journal Of The Science of Food And Agriculture*, 79 (12), ss. 1687–1690.

- Chen, G.H., Yang, C.Y., Lee, S.J., Wu, C.C., Tzen, J.T. (2014). Catechin content and the degree of its galloylation in oolong tea are inversely correlated with cultivation altitude. *Journal of Food Drug Analysis*, 22(3), ss. 303–309.
- Coggon, P., Graham, H. N., Sanderson, G. W. (1975). Cold water soluble tea. BP 1,380,135.
- ÇAYKUR (2019). 2019 yılı çay sektörü raporu. Rize. Erişim adresi: <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Yayinlar/YayinDetay.aspx?ItemType=5&ItemId=721>.
- Dufresne, C. J., Farnworth, E. R. (2001). A review of latest research findings on the health promotion properties of tea. *The Journal of nutritional biochemistry*, 12(7), ss. 404-421.
- Elmas, C. ve Gezer, C. (2018). Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) bileşimi ve sağlık etkileri. *Akademik Gıda*, 17(3), ss. 417-428.
- Evans, P. J., Bird, M. R. (2006). Solute-membrane fouling interactions during the ultrafiltration of black tea liquor. *Food and Bioproduct Processing*, 84, ss. 292–301.
- Fan, F.Y., Shi, M., Nie, Y., Zhao, Y., Ye, J.H., Liang, Y.R. (2016). Differential behaviors of tea catechins under thermal processing: formation of non-enzymatic oligomers. *Food Chemistry*, 196, ss. 347–354.
- Govindarajan, R. K., Khanongnuch, C., Mathivanan, K., Shyu, D. J. H., Sharma, K. P., Mand S. (2021). In-vitro biotransformation of tea using tannase produced by *Enterobacter cloacae* 41, *Journal of Food Science and Technology*, 58(3), ss. 3235–3242.
- Gülaç, Z. N. (2022). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü/TEPGE. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. Erişim tarihi: 12.01.2023.
- Erzinli, H. (2020). Farklı bölgelerde yetişen çam fıstıklarının ve yağlarının özellikleri, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Haslam, E., Stangroom, J. (1966), The esterase and depsidase activities of tannase. *Biochemical Journal*, 99(1), ss. 28-31.
- Horuz, A., Korkmaz, A. (2006). Farklı sürgün dönemlerinde hasat edilen çayın verimi, azot içeriği ve mineral madde kompozisyonu. *Anadolu Tarım Bilgileri Dergisi*, 21(1), ss. 49-54.

Jana, A., Halder S. K., Banerjee A., Paul T., Pati B. R., Mondal K. C., Mohapatra P. K. D. (2014). Biosynthesis, structural architecture and biotechnological potential of bacterial tannase: a molecular advancement. *Bioresource Technology*, 157, ss. 327-340.

Kikkoman (2022). Presentation Tannase. Tokyo, Japonya: Kikkoman Biochemifa Company <https://www.kikkoman.com/en/corporate/index.html>. Erişim tarihi: 12.01.2023.

Kola, O. (2005). Washington Portakal Sularındaki Limonin Acılığının Bazı Reçineler Kullanılarak Giderilmesi (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kumar, S., Subramanian, R., Jaganmohan Rao L. (2013). Application of enzymes in the production of RTD black tea beverages: A Review., *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:2, ss. 180-197.

Laddi, A., Sharma S., Kumar A., Rup Rakesh N., (2011). Influence on color attributes of freshly brewed tea with time due to variations in temperature conditions. *International Journal of Computer Applications*, 34(7), ss. 7–9.

Lane, R. W., Yamakoshi, J., Kikuchi M., Mizusawa K., Henderson L., ve Smith, M., (1997). safety evaluation of tannase enzyme preparation derived from *Aspergillus oryzae*. *Food and Chemical Toxicology*, 35(2), ss. 207-212.

Lantano, C., Rinaldi M., Cavazza A., Barbanti D., Corradini C. (2015). Effects of alternative steeping methods on composition, antioxidant property and colour of green, black and oolong tea infusions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), ss. 8276-8283.

Lehmberg, G.L., Balentine, D.A., Hang, R.S., and Gobbo, S. A. (1999). Extraction process of tea with enzymes. United State Patent, US-5925389.

Lekha, P. K., Lonsane, P.K. (1997), Production and Application of Tannin Acyl Hydrolase, State of Art, *Advances in Applied Microbiology*, 44, ss. 215-260.

Li, S., Lo, C. Y., Pan, M. H., Lai, C. S., Ho, C. T. (2013). Black tea: chemical analysis and stability. *Food and Function*, 4(1), ss. 10-18.

Liang, Y. Xu, Y. (2003), Effect of extraction temperature on cream and extractability of black Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(1), ss. 37-45.

- Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., Wu, S., Wu Y. (2003), Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea. *Food Chemistry*, 80(2), ss. 283-290.
- Li, J., Xiao, Q., Huang, Y., Ni, H., Wu, C., Xiao, A. (2017), Tannase application in secondary enzymatic processing of inferior Tieguanyin oolong tea. *Elect Journal of Biotechnology*, 28, ss. 87–94.
- Liang, Y., Xu, Y. (2003), Effect of extraction temperature on cream and extractability of black tea (*Camelia Sinensis*). *International Journal of Food Science and Technology*, 38(1), ss. 37-45.
- Liang, S., Wang, F., Chen, J., Granato, D., Li, L., Yin, J. F., Xu, Y. Q. (2022a). Optimization of a tannase-assisted process for obtaining teas rich in theaflavins from *Camellia sinensis* leaves. *Food Chemistry: X*, 13, 100203.
- Liang, S., Gao, Y., Fu, Y. Q., Chen, J. X., Yin, J. F., Xu, Y. Q. (2022b). Innovative technologies in tea-beverage processing for quality improvement. *Current Opinion in Food Science*, 47, ss. 1-8.
- Lu, M. J., Chen, C. (2007). Enzymatic tannase treatment of green tea increases in vitro inhibitory activity against N-nitrosation of dimethylamine. *Process Biochemistry*, 42(9), ss. 1285–1290.
- Lu, M. J., Chen, C. (2008). Enzymatic modification by tannase increases the antioxidant activity of green tea. *Food Research International*, 41(2), ss. 130-137.
- Lu, M. J., Chu, S. C., Yan, L., Chen, C. (2009). Effect of tannase treatment on protein–tannin aggregation and sensory attributes of green tea infusion. *Food Science and Technology*, 42, ss. 338-342.
- Macedo, J.A., Battestin V., Ribeiro M., Macedo G.A. (2011), Increasing the antioxidant power of tea extracts by biotransformation of polyphenols. *Food Chemistry* 126(2) ss. 491–497.
- Madhavakrishna, W., Bose S.M. (1961). Purification crystallisation and properties of tannase from divi-divi pods. *Bulletin of Central Leather Research Institute*, 8, ss.153-165.
- Matoba, Y., Tanaka, N., Noda, M., Higashikawa, F., Kumagai, T., Sugiyama, M., (2013). Crystallographic and mutational analyses of tannase from *Lactobacillus plantarum*. *Proteins, Structure, Function and Bioinformatics* 81(11) ss. 2052–2058.

MEGEP, (2011a). Çayda Çöp ve Lif Alma. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı. Erişim adresi: https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C3%87ayda%20%C3%87%C3%B6p%20Ve%20Lif%20Alma.pdf.

MEGEP, (2011b). Çay Soldurma. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı-541G10104 Erişim adresi: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C3%87ay%20Soldurma.pdf.

MEGEP, (2011c). Çayda Kıvrırma. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı-541GI0105. Erişim adresi: https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Siyah%20%C3%87ayda%20K%C4%B1v%C4%B1rma.pdf.

Mitsubishi, (2022). Mitsubishi Chemical Food Corporation. Erişim adresi: <https://www.mfc.co.jp/en/tannase/ndex.html>. Erişim tarihi: 12.01.2023.

Nagalakshmi, S., Jayalakshmi, R., Seshadri R. (1985). Approaches to decreaming of black tea infusions by solvent decaffeination and tannase treatment. *Journal of Food Science and Technology*, 22, ss. 198-201.

Natarajan, C. P., Ramamani, S., Leelavathi, D. E., Shakunthala, R., Bhatia, D. S., Subramanyan, V. (1962). Studies of the brewing of tea. *Journal of Food Science and Technology*, 11, ss. 321-332.

Natarajan, K., Rajendran, A. (2009). Effect of fermentation parameters on extra cellular tannase production by *Lactobacillus plantarum* MTCC 1407. *e-Journal of Chemistry*, 6(4), ss. 979-984.

Ni H., Chen, F., Jiang Z. D., Cai M. Y., Yang Y. F., Xiao A. F., Cai H. N. (2015). Biotransformation of tea catechins using *aspergillus niger* tannase prepared by solid state fermentation on tea by product. *LWT-Food Science And Technology*, 60(2), ss. 1206-1213.

Ofluoglu, P. (2019). Türkiyede farklı yörelerde yetiştirilen yaş çay yapraklarından yeşil çay üretimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi). Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Osawa, R., Nishitani Y. (2006). Involvement of tannase in the acquisition of manganese from tannin-rich medium by tannase-producing *Lactobacillus plantarum*. *Japanese Journal of Lactic Acid Bacteria*, 17(2), ss. 125-131.

Peterson, B. (1984). Enzymatic method for the production of instant tea. United State Patent, US- 4.483,876.

Purohit, J.S., Dutta, J.R., Nanda, R.K., Banerjee R. (2006). Strain improvement for tannase production from co-culture of *Aspergillus foetidus* Rhizopus. *Bioresource Technology*, 97(6) ss.795-801.

Qiu, Y., Niu, H., Huang, W., He, Y., Wu, X.H. (2011). Properties and secondary structure of tannase from *Penicillium herquei*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 16(5), ss. 858–866.

Raghuwanshi, S., Misra, S., Saxena, R. K. (2013). Enzymatic treatment of black tea (CTC and Kangra orthodox) using *Penicillium charlesii* tannase to improve the quality of tea. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), ss. 855-863.

Ren, B., Wu M., Wang, Q., Peng, X., Wen, H., McKinstry, W.J., Chen Q. (2013). Crystal structure of tannase from *Lactobacillus plantarum*. *Journal of molecular biology*, 425(15), ss. 2737-2751.

Roberts, E. A. H. (1958). The phenolic substances of manufactured tea. II-Their origin as enzymic oxidation products in fermentation. *Journal of the Science and Food Agriculture*, ss. 212-216.

Sajilata, M. G, Bajaj, P. R. Singhal, R.S. (2008). Tea Polyphenols as Nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), ss. 229-254.

Sanderson, W. G. and Coggon, P. (1974). Green tea conversion using tannase and natural enzymes. United State Patent, US-3812266.

Sanderson, W. G., Hoefler, A. C., Graham, H. N., Coggon, P. (1977). Cold water extractable tea leaf and process. United State Patent, US-4051264.

Sanderson, W.G., Coggon, P. (1984). Tannaz kullanarak yeşil çay dönüşümü ve doğal enzimler. United State Patent, US- 3812266.

SAS, 2022. SAS (Statistical Analysis Software), SAS® 9.4 on Windows, SAS Institute Inc., Cary, NC.

Scharbert, S., Hofmann, T. (2005). Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53(13), ss. 5377–5384.

Siniya, V. R., Mishra, H.N., Bal, S. (2007). Process Technology For Production of Soluble Tea Powder . *Journal of Food Engineering*, 82(3), ss. 276–283.

- Smith, R.F. (1968). Studies on the formation and composition of cream in tea infusion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19(9), ss. 530–534.
- Someswararao, C., Srivastav, P.P. (2012). A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process. *Innovative Food Science And Emerging Technologies*, 16, ss. 143–147.
- Sumpio, B. E., Cordova, A.C., Berke-Schlessel, D.W., Qin, F., Chen, Q. H. (2006). Green tea, the “Asian paradox,” and cardiovascular disease. *Journal of the American College of Surgeons*, 202(5), ss. 813-825.
- Swaroop, S. Kumar, Rakhy Sreekumar, Abdulhameed Sabu (2019). *Thalassery Kampüsü*, Kannur 670661: Biyoteknoloji ve Mikrobiyoloji Bölümü, Kannur Üniversitesi.
- Takino, Y. (1976). Enzymatic solubilization of tea cream. United State Patent, US-3,959,497.
- Tarachiwin, L. Ute, K., Kobayashi, A., Fukusaki, E. (2007). ¹H NMR based metabolic profiling in the evaluation of Japanese green tea quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23), ss. 9330-9336.
- TGK (2015). Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği, (Tebliğ no: 2015/30) Erişim adresi: <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/06/20150617-4.htm>.
- Tieghem, P. (1987). Sur la fermentation gallique. *CR Acad Scient(Paris)*, 65, ss.1091-1094.
- Thomas, R.L., Murtagh, K., (1985). Characterization of tannase activity on tea extracts. *Journal of Food Science*, 50(4), ss. 1126-1129.
- Tsai, C. (1987). Siyah çayın enzimatik tedavisi. United State Patent, US- 4.639,375.
- TÜİK, (2021). Tarım Ürünleri Piyasaları, Strateji Geliştirme Başkanlığı (TEPGE). Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>.
- Wang, H. Provan G.J., Helliwel K. (2020). Tea flavonoids: their functions, utilisation and analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 11(4-5), ss. 152-160.
- Wright, L. P. (2006). Biochemical analysis for identification of quality in black tea (*Camellia sinensis*). (Doktora tezi). Pretoria Üniversitesi.
- Yang, C.Y., Chen, G.H., Lee, S.J., Wu, C.C, Tzen, J.T. (2014), Catechin content and the degree of its galloylation in oolong tea are inversely correlated with cultivation altitude. *Journal of Food Drug Analysis*, 22(3), ss. 303–309.

- Yao, L., Jiang, Y., Datta, N., Singanusong, R., Liu, X., Raymont, K., Lisle, A., Xuf, Y. (2014). HPLC analyses of flavanols and phenolic acids in the fresh young shoots of tea (*Camellia sinensis*) grown in Australia. *Food Chemistry*, ss. 253-263.
- Yashin, A. Y., Nemzer, B. V., Combet, E., Yashin, Y. I. (2015). Determination of the chemical composition of tea by chromatographic methods: a review. *Journal of Food Research*, 4(3), ss. 56-87.
- Yurdagel, U. (1982). *Çay Teknolojisi ve Biyokimyası*. Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir: Ege Üniversitesi. No: 432.
- Yücel, E. (2017). Farklı ekstraksiyon uygulamalarıyla elde edilen siyah çay ekstraktlarının bazı özelliklerinin belirlenmesi ve krema oluşumunun azaltılması. (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Zhang, Y. N., Yin, J. F., Chen, J. X., Wang, F., Du, Q. Z., Jiang, Y. W., Xu, Y, Q. (2016). Improving the sweet aftertaste of green tea infusion with tannase. *Food Chemistry*, 192, ss.470–476.
- Zhang, H., Qi R., Mine, Y. (2019). The impact of oolong and black tea polyphenols on human health. *Food Bioscience*, 29, ss. 55-61.