

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur ÖZDEMİR

**FARKLI COĞRAFI ORJİNLI KAKAO LİKÖRÜ
KULLANIMININ SÜTLÜ VE BİTTER ÇİKOLATALARIN
BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI COĞRAFİ ORJİNİLİ KAKAO LİKÖRÜ KULLANIMININ SÜTLÜ VE BİTTER ÇİKOLATALARIN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Onur ÖZDEMİR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. M. Ümit ÜNAL
Yıl : 2021, Sayfa : 67
Jüri : Prof. Dr. M. Ümit ÜNAL
: Dr.Öğr. Üyesi Süleyman POLAT
: Dr.Öğr. Üyesi Ali Emrah ÇETİN

Bu çalışmada Ekvador, Fildişi Sahilleri ve Gana orijinli kakao likörleri kullanılarak sütlü ve bitter çikolatalar hazırlanmıştır. Kakao likörü numunelerinde nem analizi, kakao yağı miktarı, renk analizi ve bu likörlerden ekstrakt edilen kakao yağlarında katı yağ miktarı (SFC), yağ asitleri kompozisyonu, serbest yağ asitliği ve peroksit analizleri yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Kakao likörlerinin nem, yağ içeriği, L^* , a^* değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). L^* , a^* ve b^* değerleri kullanılarak hue açısı (h°) ve kroma değerleri (C^*) hesaplanarak istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, hue açısı (h°) ve kroma değerleri (C^*) açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında istatistiksel olarak benzerlikler ve farklılıklar bulunmuştur. Kakao liköründen ekstrakt edilen kakao yağı katı yağ miktarlarında ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Hazırlanan çikolata hamurları el ile temperleme işleminden sonra kalıplara dökülmüş ve renk, viskozite ve tekstür analizleri yapılmıştır. Üç farklı orijinden temin edilen likörler kullanılarak yapılan sütlü ve bitter çikolatalarda fiziksel ve kimyasal açıdan istatistiksel olarak bazı benzerlikler ve farklılıklar bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Kakao likörü, çikolata, tekstür, reoloji, viskozite, kakao yağı, bitter çikolata, sütlü çikolata.

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF USE COCOA MASSES WITH DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGIN ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF MILK AND DARK CHOCOLATES

Onur ÖZDEMİR

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. M. Ümit ÜNAL
Year : 2021, Pages : 67
Jury : Prof. Dr. M. Ümit ÜNAL
: Asst Prof. Dr. Süleyman POLAT
: Asst Prof. Dr. Ali Emrah ÇETİN

In this study, milk and dark chocolates were prepared using cocoa liquors from three different geographical origins (Ecuador, Ivory Coast and Ghana). Moisture, cocoa butter content and color analyses were performed in cocoa liquor samples, while solid fat content (SFC) analysis, fatty acid composition analysis, free fatty acidity analysis and peroxide analysis were performed in cocoa butter extracted from these liquors. The results of the analyzes were compared statistically. Moisture, fat content, L*, a* values of cocoa liquors were found to be statistically different ($p<0.05$). Hue angle (h°) and chroma values (C^*) were calculated using L*, a* and b* values and compared statistically. Hue angle (h°) and chroma values (C^*) showed statistical similarities and differences. There was no statistical difference in the amount of cocoa butter solid fat extracted from cocoa liquors ($p>0.05$). The prepared chocolate pastes were poured into molds after manual tempering and color, viscosity and texture analyses were performed. There were some statistical similarities and differences in terms of physical and chemical properties in milk and dark chocolates made using liquors from three different origins.

Keywords: Cocoa mass, chocolate, texture, rheology, viscosity, cocoa butter, dark chocolate, milk chocolate.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

"Kakao" (cocoa) terimi, doğrudan Maya ve Aztek dillerinden alınan "kakao" (cacao-kakao çekirdeğinin fermantasyon öncesi isimlendirmesi) kelimesinden türemiştir. Çikolata, Güney Amerika'ya özgü ve Amazon ve Orinoco vadilerinden geldiğine inanılan kakao ağacının meyvesi *Theobroma cacao*'nun merkezinde yer alan kakao çekirdeklerinden elde edilir. *Theobroma* (tanrıların besini) Sterculiaceae ailesindendir ve dört ana türü vardır: Criollo, dünya kakao üretiminin yaklaşık % 5'ini oluşturur; daha küçük, daha düz ve mor çekirdeklerle daha yaygın olan Forastero; Ekvador'da yetişen, güzel bir tada sahip olan Nacional ve dördüncü tür ise, Criollo ve Forastero'nun bir melezi olan Trinitario'dur. *Theobroma cacao*, Güney Amerika'nın ormanlık alanlarından çıkan çeşitleri ile Yengeç ve Oğlak dönenceleri arasındaki tropik bölgelerde yetişir. Forastero-temel kakao, çoğunlukla Brezilya ve Batı Afrika'da yetişirken, tat kakaoları büyük ölçüde melezdir ve Orta ve Güney Amerika'da yetiştirilir (Afoakwa, 2010). 2020 yılı verilerine göre, dünyada en çok kakao üretimine sahip ülke Fildişi Sahilleri olmuştur. Onu sırasıyla Gana, Endonezya, Nijerya, Kamerun, Brezilya, Ekvador, Peru, Dominik Cumhuriyeti ve Peru izlemiştir (Anon., 2020a).

Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği (2017/29)'ne göre çikolata, kakao ürünleri ile şekerlerden elde edilen, en az % 18 kakao yağı ve en az %14 yağsız kakao kuru maddesi içeren toplam kakao kuru maddesi içeriği en az %35 olan ürünü ifade etmektedir (Anon., 2020b).

Endüstride genel olarak üretimi yapılan ve kullanılan 3 farklı çikolata türü bulunmaktadır. Bunlar, kakao kuru maddesi, süt yağı ve kakao yağı içerikleri bakımından farklılık gösteren sütlü, bitter ve beyaz çikolatalardır. Çikolata üretim aşamaları genel olarak karıştırma, partikül boyutunun ayarlanması, çikolata hamurunun konçlanması, temperleme ve depozitleme, kalıplama ve kalıptan çıkarma işlemlerinden oluşmaktadır. Karıştırma işlemi çikolata üretimi sırasında sabit formülasyon tutarlılığı elde etmek amacıyla yapılır ve sürekli veya kesikli

kariştırıcılarda farklı zaman-sıcaklık değerleri kullanılarak gerçekleştirilir. Çikolata üretiminde arzu edilen pürüzsüz dokunun elde edilebilmesi için çikolatanın partikül boyutunun doğru ayarlanması önemlidir. Konçlama, ister sütlü ister bitter olsun, çikolata üretiminde son nokta veya son işlem olarak kabul edilir. Viskozite, nihai tekstür ve lezzetin gelişmesine katkıda bulunan önemli bir süreçtir (Afoakwa, 2010).

ikolatanın akış davranışı çok karmaşıktır, çünkü çikolata teknik olarak Newton tipi olmayan akışkanlar sınıfına girmektedir. Bu ise viskozitenin, çikolatanın akış hızına bağlı olarak değişeceği anlamına gelir (Beckett, 2017). Eriyik ikolatanın reolojik özellikleri, tekstürün duysal kabul edilebilirliğinin yanı sıra üretimde de hayati bir rol oynar. İşleme sırasında, bu eriyiklerin hem düşük hem de yüksek kayma özellikleri, setleme ve pompalama sırasında çikolatanın akış özelliklerini belirlediği için oldukça önemlidir (Speers ve ark., 1993).

Bu çalışmada, farklı coğrafi orijinlerde (Ekvador, Fildişi Sahilleri ve Gana) kakao likörleri kullanımının sütlü ve bitter çikolataların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenen bu kakao likörleri kullanılarak sütlü ve bitter çikolata numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan ikolata numunelerinde tekstürel ve reolojik analizler yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Dünyanın farklı bölgelerden temin edilen kakao likörlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri istatistiksel olarak farklılıklar ve benzerlikler göstermiştir. Kakao likörü numunelerinde yapılan nem analizi sonucu ortalama nem değerleri nem değerleri % 0,23 ile % 1,10 arasında değişmiş, en yüksek ortalama nem içeriği % $1,10 \pm 0,21$ değeri ile Ekvador orijinli likörde, en düşük nem değeri ise % $0,23 \pm 0,03$ değeri ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görölmüştür. Numuneler nem değeri açısından istatistiksel olarak kendi aralarında farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Kakao likörü numunelerinde yapılan kakao yağı miktarı analizi sonucu üç farklı coğrafi orijinli kakao liköründen ekstrakte edilen kakao yağ miktarları % 52,56 ile 53,54 aralığında yer almış, en yüksek ortalama kakao yağı miktarı %

53,54±0,10 ile Gana orijinli likörde, en düşük kakao yağı miktarı ise % 52,56±0,06 ile Ekvador orijinli likörde görülmüştür. Numuneler kakao yağı miktarı açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Üç farklı orijinde kakao liköründe renk analizleri uygulanmış, uygulanan analizlerde L^* , a^* , b^* değerleri ve bu değerler kullanılarak hue açısı (h°) ve kroma değeri (C^*) hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda L^* ortalama değerleri 13,36±0,07 ile 14,85±0,02 arasında yer almış, en yüksek L^* değeri 14,85±0,02 ile Gana orijinli likörde, en düşük L^* değeri ise 13,36±0,07 ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde olduğu görülmüştür. Kakao likörleri L^* değeri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). a^* ortalama değerleri 14,75±0,14 ile 15,09±0,06 arasında yer almış, en yüksek değer 15,09±0,06 ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde, en düşük a^* değeri ise 14,75±0,14 Gana orijinli likörde görülmüştür. a^* değerleri Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında benzer ($p>0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). b^* ortalama değerleri 16,35±0,20 ile 17,47±0,58 arasında yer almış, en yüksek b^* değeri 17,47±0,58 ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülürken, en düşük b^* değeri ise 16,35±0,20 ile Ekvador orijinli likörde görülmüştür. b^* değerleri, Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin istatistiksel olarak kendi aralarında benzer ($p>0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında farklı ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Hue açısı (h°) ortalama değerleri 0,82±0,01 ile 0,86±0,01 değerleri arasında yer almış, en yüksek değer 0,86±0,01 ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülürken, en düşük değer ise 0,82±0,01 ile Ekvador orijinli likörde görülmüştür. Hue açısı (h°) değerleri açısından Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak birbirinden farklı ($p<0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Kroma (C^*) ortalama değerleri 14,75±0,14 ile 15,09±0,06 arasında olup, en yüksek değer 15,09±0,06 ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli

likörlerde görülürken, en düşük değer ise $14,75\pm0,14$ ile Gana orijinli likörde görülmüştür. Kroma değerleri (C^*) açısından Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Fildişi Sahilleri ve Gana orijinli likörlerin kendi aralarında istatistiksel olarak farklı ($p<0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında benzer oldukları bulunmuştur ($p>0,05$).

Kakao likörü numunelerinden ekstrakte edilen kakao yağlarında yapılan katı yağ miktarı analizinde her üç coğrafi orijinden elde edilen kakao yağına da bakıldığında, 36°C sıcaklıkta katı yağ miktarının % 0 olduğu, yani tamamen sıvı forma geçtiği görülmektedir. Kakao yağlarının erimeye başladığı ilk noktaya bakıldığında ise Ekvador orijinli kakao liköründen ekstrakte edilen kakao yağında $14,24^{\circ}\text{C}$, Gana kakao yağında $15,46^{\circ}\text{C}$ ve Fildişi Sahilleri kakao yağında $15,04^{\circ}\text{C}$ olarak görülmektedir.

Kakao likörü numunelerinden ekstrakte edilen kakao yağında yapılan serbest yağ asitliği analizi sonuçlarına göre en yüksek serbest yağ asidi miktarı % $2,60\pm0,07$ (a/h) ile Ekvador orijinli kakao liköründe, en düşük ise $1,62\pm0,04$ (a/h) ile Gana orijinli kakao liköründe bulunmuştur. Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağları serbest yağ asitlikleri (% oleik asit) değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Kakao yağında yapılan peroksit analizi sonuçlarına göre en yüksek peroksit değeri, meq / kg yağ cinsinden $6,92\pm0,05$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörden elde edilen yağda görülmüşken, en düşük peroksit değeri ise $3,91\pm0,04$ meq/kg yağ ile Gana orijinli likörden elde edilen yağda bulunmuştur. Peroksit miktarları farklı orijinlerde kakao likörlerinden elde edilen kakao yağlarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çalışmada ayrıca, kakao yağlarının yağ asitleri kompozisyonu incelenmiştir. Sonuçlara göre (%), C16:0 (palmitik asit), Ekvador orijinli likörde $26,70\pm0,50$, Gana orijinli likörde $28,66\pm0,35$ ve Fildişi Sahilleri orijinli likörde $26,16\pm0,30$ değerlerini almıştır. C16:0 (palmitik asit) açısından Ekvador ve

Fildişi Sahilleri orijinli olanlarda kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken ($p>0,05$), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). C18:0 (stearik asit), Ekvador orijinli likörde $36,75\pm0,40$, Gana orijinli likörde $34,92\pm0,47$ ve Fildişi Sahilleri orijinli likörde $37,17\pm0,11$ değerini almıştır. C18:0 (stearik asit) açısından kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken ($p>0,05$), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). C18:1 (oleik asit), Ekvador orijinli likörde $32,58\pm0,11$, Gana orijinli likörde $32,47\pm0,31$ ve Fildişi Sahilleri orijinli likörde $32,36\pm0,28$ değerini almıştır. C18:1 (oleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). C18:2 (linoleik asit), Ekvador orijinli likörde $2,78\pm0,10$, Gana orijinli likörde $2,87\pm0,06$ ve Fildişi Sahilleri orijinli likörde $2,79\pm0,12$ değerini almıştır. C18:2 (linoleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). C18:3 n-6 (γ -linolenik asit), Ekvador orijinli likörde $1,12\pm0,10$, Gana Orijinli likörde $1,07\pm0,08$ ve Fildişi Sahilleri orijinli likörde $1,16\pm0,06$ değerini almıştır. C18:3 n-6 (γ -linolenik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Sütlü ve bitter çikolata üretimlerinde kendi içlerinde formülasyonlar aynı olup, değişken olarak yalnızca dünyanın farklı bölgelerinden edinilen kakao likörleri kullanılmıştır.

Üretimi yapılan sütlü ve bitter çikolatalarda reolojik analizler uygulanmıştır. Yapılan sütlü çikolata numunelerinde viskozite değerleri Pa.s cinsinden $38,48\pm0,19$ ile $40,22\pm4,28$ arasında olup, en yüksek viskozite değeri $40,22\pm4,28$ ile Gana orijinli likör kullanılarak hazırlanan sütlü çikolataya, en düşük viskozite değeri ise $38,48\pm0,19$ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörü kullanılarak üretilen sütlü çikolataya aittir. Yapılan analizlerde Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörleri kullanılarak üretimi gerçekleştirilen sütlü

çikolataların viskozitelerinde kendi aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Bitter çikolata numunelerinde yapılan reoloji analizi sonucunda viskozite değerleri Pa.s cinsinden $37,46\pm0,48$ ile $38,52\pm0,86$ arasında olup, en yüksek viskozite değeri $38,52\pm0,86$ ile Gana orijinli likör ile yapılan bitter çikolataya, en düşük viskozite değeri ise $37,46\pm0,48$ ile Ekvador orijinli likör kullanılarak hazırlanan bitter çikolataya aittir. Yapılan analizlerde Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörleri kullanılarak üretimi gerçekleştirilen sütlü çikolataların viskozitelerinde kendi aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Üç farklı coğrafi orijinde kakao likörleri kullanılarak üretimi yapılan sütlü ve bitter çikolatalarda tekstürel analizler yapılmıştır. Yapılan üç noktalı bükme testi sonucunda sütlü çikolatalarda bükme kuvvetleri Newton cinsinden $21,94\pm3,24$ ile $23,23\pm3,23$ değerleri arasında olup, en yüksek değer $23,23\pm3,23$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolatada, en düşük değer ise $21,94\pm3,24$ ile Ekvador orijinli likör ile üretilen sütlü çikolatada görülmüştür. Bitter çikolatalarda ise bu değerler $23,01\pm2,10$ ile $24,33\pm3,82$ arasındadır. En yüksek değer $24,33\pm3,82$ ile Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolataya, en düşük değer ise $23,01\pm2,10$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak elde edilen bitter çikolataya aittir. Yapılan penetrasyon testi sonucunda sütlü çikolatalarda sertlik değerleri Newton cinsinden $20,24\pm1,79$ ile $22,33\pm7,03$ değerleri arasında olup, en yüksek değer $22,33\pm7,03$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör ile yapılan sütlü çikolataya, en düşük değer ise $20,24\pm1,79$ ile Gana orijinli likör kullanılarak hazırlanan sütlü çikolataya aittir. Bitter çikolatalar için bu değerler $23,49\pm1,28$ ile $27,59\pm1,84$ arasındadır. En yüksek değer $27,59\pm1,84$ ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolataya, en düşük değer ise $23,49\pm1,28$ ile Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolataya aittir. Üç noktalı bükme testi sonucunda sütlü ve bitter çikolataların bükme kuvvetlerinin farklı coğrafi orijinde kakao likörü kullanımı ile değişmediği istatistiksel olarak belirlenmiştir ($p>0,05$). Uygulanan penetrasyon testi sonucunda sütlü çikolataların

sertliklerinde kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Bitter ikolata numunelerinde, Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak yapılan ikolatalar sertlik açısından kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuşken ($p>0,05$), Ekvador ile Gana ve Fildişi Sahilleri ile Gana orijinli likörler kullanılarak elde edilen bitter ikolatalar ise sertlik açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin her aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım çok değerli danışman hocam Prof. Dr. M. Ümit ÜNAL'a ve yardımcı danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Hasene KESKİN ÇAVDAR'a içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmalarında yol gösteren, karşılaştığım her türlü soruna karşı çözüm yolu bulmamda yardımlarını esirgemeyen, manevi desteğini her zaman en içten şekilde hissettiğim değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Süleyman POLAT'a içtenlikle teşekkür ederim.

Jürimde yer alan ve pozitif yorumlarıyla bana sonsuz destek sağlayan, bilgi ve deneyimlerini benimle koşulsuz paylaşan değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Ali Emrah ÇETİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Teknik bilgi ve malzeme tedariki konusunda bana destek olan, tez konumun oluşmasında yol gösterici konumda olan değerli Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş. ailesine teşekkür ederim.

Ayrıca maddi ve manevi her anlamda bana destek olan eşim Sonay ÖZDEMİR, annem Şaziye ÖZDEMİR ve babam Metin ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	XI
İÇİNDEKİLER	XII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIV
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVI
KISALTMALAR.....	XVIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Çikolata Yapımında Kullanılan Malzemeler	7
2.1.1. Kakao Kitlesi (Kakao Likörü)	7
2.1.2. Kakao Yağı.....	8
2.1.3. Kakao Tozu	8
2.1.4. Şeker ve Şeker İkameleri	9
2.1.5. Süt ve Diğer Süt Bileşenleri	9
2.2. Çikolata Reolojisi.....	10
2.3. Çikolata Tekstürü.....	14
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal	17
3.2. Metot.....	17
3.2.1. Kakao Likörlerinin Karakterizasyonu	18
3.2.1.1. Nem Analizi	18
3.2.1.2. Kakao Yağı Miktarı Analizi.....	18
3.2.1.3. Renk Analizi	19
3.2.1.4. Katı Yağ Miktarı (SFC) Analizi.....	19
3.2.1.5. Yağ Asitleri Kompozisyonunun Belirlenmesi	19

3.2.1.6. Serbest Yağ Asitliği Tayini.....	20
3.2.1.7. Peroksit Tayini	20
3.2.2. Çikolata Üretim Metodu.....	21
3.2.3. Çikolatada Yapılan Analizler	22
3.2.3.1. Renk Analizi	22
3.2.3.2. Tekstür Analizi.....	23
3.2.3.3. Reoloji Analizi	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Kakao Likörlerinin Karakterizasyonu.....	27
4.1.1. Nem Analizi	27
4.1.2. Kakao Yağı Miktarı Analizi.....	28
4.1.3. Renk Analizi	29
4.1.4. Katı Yağ Miktarı (SFC) Analizi.....	32
4.1.5. Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	34
4.1.6. Serbest Yağ Asitliği Tayini.....	37
4.1.7. Peroksit Tayini	38
4.2. Çikolatada Yapılan Analizler.....	39
4.2.1. Renk Analizleri	39
4.2.2. Tekstür Analizi	44
4.2.3. Reoloji Analizi.....	47
5. SONUÇ	53
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Kakao ve çikolata ile ilgili bazı önemli tarihler	3
Çizelge 4.1. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin nem analiz sonuçlarının ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	27
Çizelge 4.2. Farklı orijinlerde kakao likörlerinden elde edilen kakao yağı miktarı (%) (a/a) analiz sonuçları ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları	28
Çizelge 4.3. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin renk analizi L^* , a^* ve b^* ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	29
Çizelge 4.4. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin renk analizi hue açısı (h^0) ve chroma (C^*) ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları	31
Çizelge 4.5. Yağ asitleri Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları	35
Çizelge 4.6. Kakao Yağının Yağ Asitleri Kompozisyonu	37
Çizelge 4.7. Serbest yağ asitliği ortalama değerleri (a/h) Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	38
Çizelge 4.8. Peroksit sayısı ortalama değerleri Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları	39
Çizelge 4.9. Üretimi yapılan sütlü çikolataların ortalama L^* , a^* ve b^* değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	40
Çizelge 4.10. Üretimi yapılan bitter çikolataların ortalama L^* , a^* ve b^* değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.11. Üretimi yapılan sütlü çikolataların ortalama hue (h^0) ve chroma (C^*) değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.12. Üretimi yapılan bitter çikolataların ortalama hue (h^0) ve chroma (C^*) değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.13. Sütlü çikolatalarda bükme ve penetrasyon testleri için Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	46

Çizelge 4.14. Bitter çikolatalarda Bükme ve Penetrasyon Testleri için Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	47
---	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Çikolata üretimi akış şeması.....	22
Şekil 4.1. Kakao yağlarının yüzde katı yağ-sıcaklık grafiği	33
Şekil 4.2. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen sütlü çikolatalara ait viskozite-zaman grafiği.....	48
Şekil 4.3. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen sütlü çikolatalara ait Kayma Gerilimi-Kayma Oranı grafiği	49
Şekil 4.4. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen bitter çikolatalara ait viskozite-zaman grafiği.....	49
Şekil 4.5. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen bitter çikolatalara ait Kayma Gerilmesi-Kayma Oranı grafiği	50



KISALTMALAR

kg	: Kilogram
FDA	: Food and Drug Administration
CFR	: Code of Federal Regulations
Pa.s	: Paskal.saniye
m	: Metre
SFC	: Solid Fat Content
CIELAB	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
FAME	: Yağ Asitlerinin Metil Esterleri
a	: Ağırlık
KOH	: Potasyum Hidroksit
meq	: milieşdeğer
AOAC	: Resmi Tarım Kimyagerleri Derneği
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
γ	: Gama
α	: Alfa
N	: Newton
Arctan	: Arktanjant
C*	: Kroma
h°	: Hue açısı
CBS	: Kakao Yağı İkamesi
h	: Hacim



1. GİRİŞ

Kakao ağaçları nispeten küçük, 12-15 m boyunda, yaprak dökmeyen ağaçlar olup yağmur ormanlarının alt seviyelerinde doğal olarak büyürler. Ticari tarlalarda genellikle Hindistan cevizi ve muz gibi birbirini kesen ağaçlarla korunurlar. Yapraklar her dem yeşildir ve yaklaşık 300 mm uzunluğundadır. 2 ila 3 yıl sonra meyve vermeye başlar, ancak tam bir verim vermesi 6 ila 7 yıldır (Beckett, 2008).

Dört ana kakao türü bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Criollo kakao çekirdekleri, kesilerek açıldığında beyaz veya açık kahverengi bir görünümde, hafif, cevizimsi bir kakao aromasına sahiptir. Ağaçlar hastalıklara duyarlıdır ve verimleri nispeten düşüktür. Bu tür artık çok nadirdir ve yalnızca Venezuela, Orta Amerika, Meksika, Madagaskar, Sri Lanka ve Samoa'daki eski tarlalarda bulunur. İkinci tür Forastero olarak adlandırılır ve on sekizinci yüzyılda, Aşağı Amazon'dan bir Forastero türü kakao Brezilya'daki Bahia'ya tanıtılmıştır. Bu kakao türüne, adını kapsüllerin kavun şeklinden alan Amelonado da denir. Bahia'dan kakao yetiştiriciliği on dokuzuncu yüzyılda Batı Afrika'ya yayılmıştır. Taze Forastero kakao çekirdekleri, kesilerek açıldığında mor bir görünüme sahiptir ve genellikle fermentasyon ve kavurmadan sonra güçlü kakao aromaları geliştirir. Üçüncü kakao türü Trinitario olarak adlandırılır. Trinitario türü, genellikle Forastero ve Criollo ağaçları arasındaki melezlemenin sonucu olarak meydana gelmektedir. Sonuç olarak, bazı Trinitario türlerinden, kurutulmuş meyveler veya pekmez gibi özel aromalı kakaolar üretilmektedir. Dördüncü tür, yalnızca Ekvador'da yetişen ve muhtemelen Ekvador'un Amazon bölgesinden gelen Nacional'dir. Nacional türünde, çiçeksi notasıyla tanınan “Arriba” aromalı çekirdekler bulunmaktadır (Beckett, 2017).

Kakao üretimi, temizleme, kırma ve ayıklama, sterilizasyon, alkalizasyon ve kavurma aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalardan sonra kakao, kakao likörü, kakao yağı ve kakao tozu gibi çikolata üretiminde olmazsa olmaz girdilere

işlenmektedir. İşlemeden önce, kakao çekirdekleri, tutarlı kalitede nibler (Kakao nibi, kavrulmuş veya kavrulmamış, temizlenmiş, kabukları alınmış ve tohum ayırma işlemine tabi tutulmuş, yağsız kuru madde bazında %5'ten daha fazla elenmemiş kabuk veya tohum içermeyen ve en fazla %10 kül içeren kakao çekirdekleri olarak tanımlanır.) oluşturmaktadır (Manley, 2011). Üretimi temizleme, kırma ve ayıklama işlemlerini içerir. Bu işlemler aynı zamanda niblerin temizlenmesini, iyice kırılmasını ve kabuğunun düzgün şekilde boşaltılmasını sağlar. Kakao çekirdekleri veya nibleri ısıtıl işlem uygulaması ile sterilize edilir. Fabrika ve kullanılan ekipmana bağlı olarak bu işlem kavurma işleminden önce veya sonra yapılabilir (Afoakwa, 2010).

MÖ 1900'lerin başlarında kakao, Meksika'daki Mokaya halkı tarafından bir içecek olarak kullanılmıştır. Kakao ağaçları, Avrupalıların gelişinden çok önce Meksika'daki Aztekler tarafından yetiştirilmiştir. Kakao çekirdekleri, hem para birimi olarak hem de "chocolatl" adı verilen baharatlı bir içecek üretimi için kullanıldığından insanlar için oldukça önemli olmuştur (Beckett, 2017).

İlk kakao çekirdekleri Columbus tarafından Avrupa'ya getirilmiş, ancak daha sonra ticari olarak Don Cortez tarafından yeni bir içecek olarak kullanılmıştır. İspanyolların içkilerini tatlandırmada kullanmaları nedeniyle popülerliği Orta ve Kuzey Avrupa'ya yayılmıştır. 1664'te kakao kullanımı İngiltere'de Pepys'in günlüğünde bahsedilmiş olsa da, esasen kullanımı zenginlerle sınırlı kalmıştır. İlk defa Nicholas Sanders, 1727'de İngiltere'de bu kakaolu içeceğe sütün ilave edilmesinden bahsetmiştir (Beckett, 2017).

Öğütülmüş kakao çekirdekleri ve şekerden oluşan bir karışım tek başına kullanılarak modern tüketiciye çikolatanın üretilip sunulması mümkün değildir. Çünkü bu karışım ağızda hoş olmayan çok sert bir tat ve his bırakmaktadır. Karışımın ağız içerisinde kolayca erimesini sağlamak için de fazladan yağ eklemek gerekmektedir. Kakao çekirdeklerinin preslenmesi ile elde edilen kakao yağı ile bu amaca ulaşılabilmektedir. Bu yağın ekstraksiyonu 1828'de Hollandalı Van Houten tarafından geliştirilmiştir. Bunun avantajları, kakao yağının kalıplanabilir çikolata

yapımında kullanılabilmesi ve kalan düşük yağlı kakao tozunun da bir içeceğe katılabilmesidir. Çizelge 1.1’de kakao ve çikolata ile ilgili bazı önemli tarihler listelenmiştir (Beckett, 2017).

Çizelge 1.1. Kakao ve çikolata ile ilgili bazı önemli tarihler

Tarih	Olay
1519	Cortez, kakaonun Aztekler tarafından 3000 yıldan fazla bir süredir yetiştirildiğini keşfetti.
1528	Cortez İspanya'ya bir çikolata içeceğini tanıttı
1606	Çikolata içeceği İtalya'da yayıldı.
1615	Çikolata içeceği Fransa'da tanıtıldı.
1657	Londra'da ilk çikolata işletmesi kuruldu.
1727	Nicholas Sanders ilk sütlü çikolatalı içeceği icat etti.
1746	Bahia'da ilk çikolata fabrikası kuruldu.
1765	Kuzey Amerika'da ilk çikolata şirketi kuruldu.
1828	Van Houten kakao presinin patentini aldı.
1847	Fry tarafından Bristol'de yenilebilir çikolata üretilen fabrika kuruldu.
1875	Daniel Peters sütlü çikolatayı üretti.
1988	Dünyada öğütülen kakao miktarı iki milyon tonu aştı.

Bir ürünün çikolata olarak adlandırılabilmesi için kakao içermesi gerekir. Kakao veya kakao ağacı (*Theobroma cacao*, L.), Güney ve Orta Amerika'da ortaya çıkmış, şu anda ticari olarak 20° kuzey ve 20° güney enlemleri arasındaki uygun ortamlarda yetiştirilmektedir. Bu alanlar, yıl boyunca yüksek bir ortalama sıcaklığa ($\geq 27^{\circ}\text{C}$) ve bol yağıştan (1500-25000 mm) kaynaklanan sabit bir yüksek neme sahiptir. Güçlü rüzgarlar mahsule zarar vereceğinden toprak derin, zengin ve iyi drenajlı olmalı ve rakım 700 m'den az olmalıdır (Beckett, 2004).

Çikolatalar, bir yağ fazı içerisinde, şeker ve kakao oranı toplamı yaklaşık % 70 olan ve ince, katı parçacıklardan oluşan süspansiyonlardır. Ana hammaddesi kakao olan gıda ürünleri, *Theobroma cacao* türünden elde edilen meyvenin

çekirdeklerinden elde edilir. Dünya kakao üretiminde küçük, yassı ve mor çekirdeklerden oluşan Forastero türü hakimdir. Başlıca çikolata kategorileri, kakao kuru maddesi, süt yağı ve kakao yağı içeriği bakımından farklılık gösteren bitter, sütlü ve beyaz çikolatalardır. Çikolatalar, karbonhidrat, yağ ve protein oranları açısından değişkenlik gösterebilmektedir. Çikolata üretim süreçleri, ulusal tüketici tercihleri ve şirket uygulamalarındaki farklılıklar nedeniyle değişkenlik göstermektedir (Afoakwa ve ark., 2007).

Çikolatanın tadı ve dokusu, çikolatanın iki önemli ayırt edici özelliğidir. Çikolatalar istenmeyen tat ve kokulardan arınmış olmalı ve tüketicinin ürünle ilişkilendirebileceği hoş tatlardan ve kokulardan bazılarını içermelidir. Dokunun birincil özelliği, 20–25 °C'lik oda sıcaklığında katı halde olması buna karşın ağızda 37°C'de hızla erimesi ve dile pürüzsüz görünen bir yapı hissi vermesidir. Çikolata yapımında proses adımları karıştırma, inceltme, konçlama, standardizasyon, depolama ve sevkiyat olmak üzere 6 aşamadan oluşmaktadır (Beckett, 2017).

Karıştırma, sütlü veya bitter çikolata yapımında ilk adımdır. Şeker, çikolata likörü, istenirse süt ürünleri ve kakao yağının bir kısmı karıştırılarak bir macun oluşturulur. Bu işlem kesikli veya otomatik olabilir. Prosesin bir sonraki adımı için doğru tekstürel özelliklerin elde edilmesinde macunun kıvamı çok önemlidir (Beckett, 2017). Karıştırma süresi 40-50 °C'de 12-15 dakikadır (Afoakwa, 2010).

Partikül boyutunun küçültülmesi, karışımın bir macundan ince bir pul haline getirilmesidir. Bu, tipik olarak, son partikül küçültücü için kitleyi koşullandırmak üzere bir ön silindirden geçirildiği iki aşamalı bir süreçtir. Bir boyut küçültücü silindir, alt besleme silindiri ile dikey olarak monte edilmiş çelik rulolara sahip büyük bir makinedir. Rulolar hafifçe çikolata ile kaplanır, böylece makine çalışırken, uygulanan basınç tüm rulo yüzeyine eşit kalınlıkta bir çikolata filminin yayılmasını sağlamaktadır. Merdanelerin hızı aşağıdan yukarıya doğru artar ve çikolata filminin bir merdaneden diğerine aktarılmasına izin vererek kesme eylemi sağlar. Valsler arasındaki boşluk, kullanılması halinde şeker, kakao ve süt bileşenlerinin parçacıklarını istenen incelikte kırarak şekilde ayarlamaktadır.

Parçacıkların yağ ile kaplanması önemlidir. Boyut küçültme, parçacık sayısını ve yüzey alanını artırmakta ve böylece bu macun karışımını açık renkli, ince bir toz kütleye dönüştürmektedir. Çikolataların ortalama parçacık boyutu 15–20 µm ve daha kalın çikolatalarınki 30- 35 µm olmaktadır (Afoakwa, 2010).

Konçlama, ister sütlü ister bitter olsun, çikolata üretiminde son işlem olarak kabul edilir. Viskozite, nihai tekstür ve lezzetin gelişmesine katkıda bulunan önemli bir süreçtir. Konçlama, normalde çikolatanın 50°C'nin üzerinde birkaç saat boyunca karıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Başlangıç aşamalarında, asetik asit gibi bazı istenmeyen aroma aktif uçucu maddelerin uzaklaştırılmasıyla nem azaltılır ve ardından dağınık ve sürekli faz arasındaki etkileşimler teşvik edilir. Konçlama işlemi, nemin ve uçar asitin uzaklaştırılmasının yanında, yüksek sıcaklıklarda uzun süreli karıştırma nedeniyle aroma gelişimini destekler. İşlem ayrıca, viskozitede ve partikül boyutunda azalmaya yardımcı olur (Afoakwa, 2010).

Konçlama süreleri ve sıcaklıklar yapılan çikolataya göre değişmektedir: süt tozlu ürünler için 60°C ve 16-24 saat, bitter çikolatalar için ise 70°C 'den 82°C 'ye kadar 16-24 saat devam eder. Tam yağlı süt tozu yerine yağsız süt tozu ve süt yağı kullanılır ise 70°C'ye kadar sıcaklıklar kullanılabilir. Çikolataya uygun bir viskozite kazandırmak için, temperlemeden önce çikolatayı inceltmek veya sıvılaştırmak için ek kakao yağı ve lesitin konçlama işleminin sonuna doğru eklenebilmektedir (Afoakwa, 2010).

Standardizasyon, ürünü emülgatörler ve aromalarla birleştirmek ve nihai kullanıma hazırlamak için çok önemli bir adımdır. Konçlama işlemi tamamlandığında, emülgatörler ve aromalar çikolata kitlesine eklenmektedir. Çikolatayı istenen viskozite ve verim değerine getirmek için bu aşamada ilave kakao yağı eklenebilmektedir. Çikolatayı değerlendirmek ve viskoziteyi, partikül boyutunu, yağ içeriğini, rengi ve nem içeriğini belirlemek için analizler yapılır. Ürün ayrıca tüketim için güvenli olduğundan emin olmak için mikrobiyolojik olarak test edilmektedir. Onaylandıktan sonra, herhangi bir toplanma, topaklanma

olmaması için büyük ince ızgaralardan geçerek depolanacağı tanka pompalanır (Afoakwa, 2010).

Çikolata temperleme, doğru tip ve boyutta homojen olarak dağılmış, oldukça kararlı yağ kristallerinin küçük bir kısmını üretmek için çikolata kitlesinin termal olarak işlendiği bir işlemdir. Bu kristaller daha sonra kitleyi tohumlandırır ve kalıplama veya kaplamayı takip eden soğutma aşaması sırasında mikro homojen bir katı yağ kristal ağı oluşturmak için büyür (Beckett, 2017).

Temperlemenin çikolataya önemli etkileri aşağıda belirtilmiştir (Beckett, 2017):

- Kalıplama, kaplama veya giydirme için akma değeri ve viskozitenin ayarlanması
- Kalıplama, kaplama veya kaplama koşulları altında çikolata akış özelliklerinin uzun vadeli kararlılığının sağlanması
- Yüzey parlaklığı ve rengin iyileşmesi;
- Tekstür özelliklerinin iyileşmesi;
- Pürüzsüz ve hızlı erime sağlama;
- Isı kararlılığının iyileşmesi

Ülkemizde ve dünyada çikolata üretimi ve tüketiminin gün geçtikçe artış göstermesi kaliteli çikolataya olan ihtiyacı artırmıştır. Kakao kitlesi (likörü) sütü ve bitter çikolata üretiminde kullanılan kakao bazlı başlıca hammaddelerdendir ve çikolatanın tadını ve dokusunu önemli ölçüde etkilediği düşünülmektedir. Dünyada birçok farklı bölgede üretimi yapılan kakao likörleri bulunmaktadır. Bu çalışmada üç farklı orijinde (Gana, Fildişi Sahilleri ve Ekvador) kakao likörleri kullanılarak sütü ve bitter çikolata numuneleri hazırlanmış olup, farklı orinlerde kakao likörü kullanımının sütü ve bitter çikolatalarda bazı fiziksel özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Çikolata Yapımında Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Kakao Kitlesi (Kakao Likörü)

Kakao likörü bir tür önemli kakao ürünü olup kakao çekirdeklerinin öğütülmesi, fermente edilmesi ve kakao yağı ile kavrulmasıyla hazırlanır. Kakao likörünün aroması en önemli kalite özelliklerinden birisidir. Kakao çekirdeği orijini, hasat sonrası işleme (fermantasyon ve kurutma), kavurma ve depolama gibi birçok faktör kakao likörünün aromasını etkiler. Bunlar arasında kakao çekirdeği orijini tüm kakao ürünlerinin aromasını belirleyen en önemli faktördür ve hem genetik hem de çevresel faktörlerle ilgilidir (Song, 2017).

Song ve ark. (2017), beş farklı coğrafyadan kakao likörlerinin temel aroma aktif bileşiklerinin karakterizasyonu ve karşılaştırmasını yaptıkları çalışmada Gana, Kamerun, Fildişi Sahilleri, Endonezya ve Papua Yeni Gine orijinli kakao likörleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, beş çeşit kakao liköründeki çoğu bileşiğin önemli ölçüde farklı olduğu, Papua Yeni Gine'den gelen kakao likörlerinin koku verici bileşik miktarının diğerlerinden daha yüksek ve Endonezya orijinli kakao liköründe en düşük olduğu belirlenmiştir. Yapılan duyuşal değerlendirmede, beş kakao likörünün genel koku ana hatları çok benzer bulunmuş olup, Papua Yeni Gine kakao likörü diğer dört numuneden daha yüksek tercihe sahip olmuştur. Temel bileşen analizi, Papua Yeni Gine, Endonezya ve Fildişi Sahili'nden gelen kakao likörünün özelliklerinin arasındaki farkların anlamlı olduğunu göstermiştir.

Torres-Moreno ve ark. (2011), proses koşulları ve kakao orijininin bitter çikolatalar üzerine etkilerini incelemiş oldukları çalışmada Gana ve Ekvador olmak üzere iki farklı orijinde kakao kullanmışlardır. Çalışmada, farklı nitelikler (renk, tat, koku ve doku) 95 tüketici tarafından duyuşal olarak değerlendirilmiştir. Bitter çikolatalar arasındaki farklılıkların, esas olarak lezzetten kaynaklı farklılıklarla ilgili olduğu görülmüştür. Çekirdeklerin kavurma süresinin uzaması Ekvador

orijinli çikolataların niteliklerini etkilemezken, Gana orijinli çikolatanın kabul edilebilirliğini düşürmüştür. Çalışmanın sonucunda, tek bir orijinden bitter çikolata üretmek için hedef pazar tercihlerini bilmenin ve uygun kavurma ve konçlama koşullarını seçmenin önemli olduğu belirtilmiştir.

2.1.2. Kakao Yağı

Süt yağının yanı sıra, çikolata ve kokolin kaplamaların yağ fazı, neredeyse tamamen kakao yağı ve kakao yağı ve kakao yağı alternatifleri (CBA'lar) denilen kakao yağı benzeri bitkisel yağlardan oluşur. Kakao yağı, *Theobroma cacao* bitkisi tarafından üretilen çekirdeklerin yağ fazıdır. Kakao kitlesi yaklaşık % 47-56 kakao yağı içerir ve bu hem kakao yağı hem de tozu üretmek için fiziksel olarak ekstrakte edilir. Hem alkalileştirilmemiş hem de alkalileştirilmiş kakao kitleleri yatay hidrolik presler kullanılarak preslenebilir. Önceden ısıtılmış kakao kütlesi kaplara aktarılır ve basınç arttığında yağ presin dışına akar; kakao parçacıkları tutulur. Aslında bu sistem, kakao yağının filtreleme işlevi görür. Kakao parçacıkları silindirler arasında sıkıştırılarak kakao pres keki oluşturur. Kekin kalan yağ içeriği (normalde yatay presler kullanılarak minimum % 10) kontrol edilebilir ve gerekli seviyeye ulaşıldığında pres açılır ve kek düşer. 540 bara kadar hidrolik basınçlar, yaklaşık 15 dakikalık çevrim süreleri ile uygulanabilir. Presleme prosedürü, önceki işlemlerden etkilenir (örneğin, alkalileştirme ve öğütme derecesi) (Beckett, 2017).

2.1.3. Kakao Tozu

Toz öğütme hatları genellikle kakao keki parçacıklarını, kakao tozunun tanımlanmış incelik seviyesine kadar toz haline getiren çekiçli ve diskli veya pimli değirmenlerden oluşur. Toz daha sonra soğutulur kakao tozundaki yağın, stabil formuna kristalize olması sağlanır. Bu, doldurma anında yağın yetersiz kristalleşmesinin neden olduğu bir durum olan, paketlenildikten sonra torbaların içerisindeki kakao tozunda herhangi bir renk bozulmasını (yağ çiçeklenmesi) ve topakların oluşumunu önler (Afoakwa, 2010).

Kakao tozu, Food and Drug Administration (FDA) tarafından yayınlanan Code of Federal Regulations (CFR) 21. Başlık Bölüm 163'de kakao yağının bir kısmı öğütülmüş kakao niblerinden çıkarıldıktan sonra kalan malzemenin toz haline getirilmesi ile hazırlanan gıda olarak tanımlanmaktadır. Kakao tozlarının rengini, pH'ını ve lezzetini ayarlamak için kakao tozunun alkalizasyonu da gerçekleştirilebilmektedir. Kakao tozlarının rengi, çok açık kahverengiden koyu kahverengiye, kırmızıdan siyaha kadar değişebilmektedir. Kakao bugün fırıncılık, şekerleme, süt, içecek gibi birçok endüstride yeni ürünlerin geliştirilmesinde aktif olarak kullanılmaktadır (Beckett, 2017).

2.1.4. Şeker ve Şeker İkameleri

Çikolata yaklaşık %50 şeker içermektedir. Çikolatada bulunan şeker çoğunlukla sükrözdür, ancak sütlü çikolatadaki süt bileşenlerinden kaynaklı bir miktar laktoz içerir. Şeker hastaları fazla şeker tüketemezler, bu nedenle fruktoz veya sorbitol gibi şekersiz tatlandırıcılar içeren başka tarifler geliştirilmiştir. Daha yakın zamanlarda, daha düşük kalorili veya "diş dostu" çikolatalara ihtiyaç duyulmuş, bu nedenle başka şeker ikameleri de geliştirilmiştir (Beckett, 2004).

2.1.5. Süt ve Diğer Süt Bileşenleri

Dünya çapında sütlü çikolata tüketimi bitter ve beyaz çikolata toplamından fazladır. Sütlü çikolata, bitter çikolatadan daha yumuşak olma eğilimindedir ve daha kremsi bir tada ve dokuya sahiptir. Sütün oran olarak en büyük bileşeni sudur ve nem sıvı çikolatanın akış özelliklerini yok eder. Bu nedenle, sütlü çikolata yapımında yalnızca süt tozu kullanılabilir (Beckett, 2004).

Süt yağı, süt tozunun en büyük ikinci bileşenidir ve sütlü çikolataya kendine özgü dokusunu verme ve aroma salınımını sağlamada hayati önem taşır. Aynı zamanda büyük yağ kristallerinden oluşan ve çiçeklenme olarak bilinen çikolata üzerinde beyaz toz yüzey oluşumunu engelleyebilir. Sıvı bir çikolatada ne kadar fazla yağ varsa, hem üretim sırasında hem de ağızda o kadar kolay akacaktır.

Aynı zamanda süt yağı oldukça pahalıdır, bu nedenle imalatçının mevcut yağı en iyi şekilde kullanması gerekmektedir (Beckett, 2004).

Çikolata yapımında, yağsız ve tam yağlı süt tozu yaygın olarak kullanılır. Yağsız süt tozu ve süt yağı çikolata yapım aşamasında birlikte eklenir. Böylece hem yağlı hem de yağsız süt tozları aynı süt bileşenleri içeriğine sahip çikolatalar yapmak için kullanılabilir. Bununla birlikte, farklı tatlara, dokulara ve sıvı akış özelliklerine sahip ürün elde edilmektedir. Bunun nedeni yalnızca kurutma sırasındaki farklı ısı işlemler değil, aynı zamanda yağ oranlarının farklı oluşudur (Beckett, 2004).

Peynir altı suyu ve laktoz tozları, belirli çikolata türlerinin ve aromalı kaplamaların yapımında kullanılmaktadır. Bunlar peynir ve kazein üretiminin yan ürünleridir ve şekerden daha az tatlı olmaları avantajına sahiptirler. Bu nedenle tatlılıkta azalma gerektiğinde şekerin bir kısmının yerini alabilmektedirler. Peynir yapımının asitliği (pH), peynir altı suyu tozunun mineral içeriğini büyük ölçüde etkiler. Normalde peynir altı suyu ne kadar asidik olursa, mineral içeriği o kadar yüksek olacaktır. Bu, çikolatada istenmeyen tatlara neden olabilmekte ve çikolata üretiminde demineralize peynir altı suyu tozları tercih edilmektedir (Beckett, 2004).

2.2. Çikolata Reolojisi

Eriyik çikolatanın akış özellikleri iki nedenden dolayı önemlidir. İlk olarak, çikolatanın viskozitesi uygun değilse, düşük kaliteli bir ürün elde edilecek ve bunun sonucunda ya ürün yanlış şekil verilmiş olarak ucuza satılacak ya da yeniden işlenmesi gerekebilecektir. Örneğin viskozite çok düşükse, çikolata kaplamalı bir ürünlerdeki çikolatanın ağırlığı çok düşük olacaktır. Çok yüksek olduğunda ise kalıplanmış tablette etekler oluşacak veya hava kabarcıkları ürünün içerisinde hapsolüp son üründe kalacaklardır (Beckett, 2017).

Viskozite karmaşık ağız prosesi sırasında tüketicinin çikolata yeme hissini de etkiler. Ağız hissini çikolata viskozitesinden etkilediği kolaylıkla

düşünülebilirken, ağızdaki çikolatanın aromasının da çikolata viskozitesinden etkilenip etkilenmediği o kadar açık değildir. Bunun nedeni, ağızda her biri tek bir çeşni türü algılayabilen çok sayıda farklı tat reseptörlerinin olmasıdır. Çikolata erirken bu reseptörlerle temas etmektedir (Beckett, 2017).

Reolojik olarak erimiş çikolatalar, işlemeye bağlı olarak akma gerilimi (sıvı akışını başlatmak için minimum enerji miktarı) ve plastik viskozite (sıvıyı hareket halinde tutmak için enerji) ile Newton tipi olmayan akışkanlar gibi davranır. Bitmiş çikolatalarda kalite, şeker, süt ve kakaodan oluşan katı parçacıkların doğal boyut dağılımına, yağ fazının bileşimine ve emülgatörlere büyük ölçüde bağlıdır. Reolojik özellikler, işleme sırasında son ürünlerin karıştırma, pompalama ve nakliye verimliliğini belirler (Afoakwa, 2010).

Bir emülgatörün rolü, karışmayan iki madde arasında bir tampon oluşturmaktır. Emülgatörler, yağda su damlacıkları (yağ içinde su emülsiyonu) olan margarinde veya suda yağ damlacıkları olan (su içinde yağ emülsiyonu) olan krema gibi gıda ürünlerinde su fazını yağdan ayırmada önemli bir rol oynarlar. Kakao çekirdeklerindeki yağ, her iki emülsiyon türünde de bulunabilir. Çikolatada neredeyse hiç su yoktur. Bu nedenle emülgatörün görevi burada biraz farklıdır. Burada, hidrofilik ancak lipofobik, yani suyu çeken ancak yağı itme eğiliminde olan şeker parçacıkları bulunmaktadır. Sıvı çikolata akar çünkü şeker ve diğer katı parçacıklar birbiri üzerinden geçebilir, bu nedenle yüzeylerin yağ ile kaplanması gerekmektedir. Bu çikolatanın doğasında olmayan bir şeydir, bu nedenle su emülsiyonları gibi, ikisi arasında bir katman oluşturan bir madde, sürece büyük ölçüde yardımcı olacaktır. Bu durumda emülgatör katı yüzeyi kaplar ve ikisi arasında bir sınır tabakası oluşturur. Bu bağlamda bir emülsifiye ediciden ziyade yüzey aktif madde görevi görür (Beckett, 2017).

Reoloji, mekanik kuvvetlerin etkisi altında katıların ve sıvıların deformasyonunu ve akışını inceleyen bilim dalıdır. Üretim aşamasındaki bir ürünün reolojik değerleri, ürünün kalite kontrolünde faydalı olabilmektedir. Bir ürünün mikro yapısı, yeni materyallerin geliştirilmesine izin veren reolojik

davranışı ile de ilişkilendirilebilir. Reometri, proses mühendisliğinde uygulanan reolojik denklemlerin, özellikle ısı ve kütle transferini içeren denklemlerin elde edilmesine olanak sağlar. Çikolata endüstrisi, konçlama, temperleme ve çikolatanın pompalanması işlemleri sırasında sıvı fazdaki ürünlerle çalışır. Optimum işleme için her tür ekipmanın iyi bir şekilde tasarlanması şarttır. Her prosesin tasarımında ürünün fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Çikolatanın reolojik davranışı, ürünün fiziksel özelliklerinin tüketiciler tarafından detaylı olarak anlaşılmasında yardımcı olabilmektedir. Gıdalar genellikle yarı kararlı bir durumdadır. Çikolatanın tekstürü, işleme sırasında meydana gelen yapısal değişikliklere bağlıdır. Erimiş çikolata, sadece dağılmış partiküller değil, aynı zamanda çikolatanın soğuması ve katılaşması sırasında oluşan yağ kristalleri de dahil olmak üzere tüm özelliklerden güçlü bir şekilde etkilenen yapıya sahip bir süspansiyondur. Çikolataların reolojisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır ve sonuç olarak çikolatanın dokusu ve stabilitesinin özel kristallerin varlığından büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir (Lannes ve Gonçalves, 2010).

Sıvı çikolata, genel olarak bir akma gerilimi ve plastik viskozite ile karakterize edilen Newton tipi olmayan bir akış davranışı sergiler. Genel olarak, akma gerilimi, kayma reolojisi deneyleri ile belirlenir ve veriler, kayma gerilmesinin bir fonksiyonu olarak viskozite veya kayma oranının bir fonksiyonu olarak kayma gerilmesi olarak çizilir. Kayma gerilimi-kayma hızı grafiği için, akma gerilimini tahmin etmek için sıklıkla kullanılan bir yaklaşım, verileri en popüler olan Casson modeliyle birlikte, birkaç yerleşik modelden birine sığdırmaktır. ICA (eski IOCCC) tavsiyesi Casson modelinin kullanılmaması yönünde olsa da bu model halen sıklıkla uygulanmaktadır. Casson modeli ile 5 s^{-1} ile 60 s^{-1} arasında değişen kayma oranları için deneysel verilere iyi bir uyum sağlanmıştır. Ancak bu model, 5 s^{-1} in altındaki kayma oranı değerlerinde ortaya çıkan çikolata numuneleri arasındaki gerçek farklılıkları çözmemektedir (De Graef ve ark., 2011).

Casson modeli, Newton tipi olmayan akışkanların akış davranışını açıklamak için iyi bilinen bir reolojik modeldir. Model, silindirik partiküllerin viskoz süspansiyonları için geliştirilmiştir. Süspansiyonun şekli veya tipine bakılmaksızın, bazı sıvılar, psödoplastik yapıları nedeniyle bu modele özellikle iyi uyum sağlamıştır. Casson modeli kullanılan örnekler arasında kan, çikolata, ksantan gamı çözeltileri, mumsu ham yağ bulamaçları ve atık su çamurları bulunmaktadır. Çikolata için Casson modeli tercih edilen reolojik modeldir (Joye, 2003).

Konar ve ark. (2013), farklı proses koşullarında hazırlanan inulin içeren sütlü çikolatanın reolojik ve fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında çikolata örneklerinin akma gerilmeleri ve Casson viskozitelerinin hesaplanmasında Casson metodunu kullanmışlardır. Afoakwa ve ark. (2008), partikül boyutu dağılımı ve bileşimin bitter çikolatanın reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, Casson matematiksel modelini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, artan partikül boyutunun Casson plastik viskozitesinde, Casson akma değerinde, akma gerilmesinde, görünür viskozitede ve tiksotropide önemli düşüslere neden olduğu belirlenmiştir. Ferrao ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada, farklı kakao likörü konsantrasyonlarına sahip keçi sütlü çikolataların yapısal özelliklerini incelemişler, reoloji kısmında matematiksel model olarak Casson ve Herschel–Bulkley modellerini kullanmışlardır.

Hernandez ve Rutledge (1994), kakao likörlerinin karakterizasyonunda coğrafi köken ve kavurmanın akışkanlaşma üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, çeşitli coğrafi kökenlere sahip kakao likörleri için 27,5°C'de katı yüzdesinin gelişimini, Düşük Çözünürlüklü NMR analizi yaparak çalışmışlardır. Bu çalışmalarında Fildişi Sahilleri, Gana, Togo, Madagaskar, Sumatra, Java, Yeni Gine, Ekvador, Kolombiya, Trinidad, Venezuela ve Brezilya orijinli kakao likörlerini kullanmışlardır. Çalışma, coğrafi kökenin akışkanlaştırma süreci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

2.3. Çikolata Tekstürü

Tekstür, malzemenin fiziksel yapısı ile mekanik ve yüzey özelliklerinin bir kombinasyonudur. Kakao yağının erime noktası vücut sıcaklığına çok yakın olduğu için çikolatanın ağızda bıraktığı kendine özgü bir his vardır. Çikolata partikül boyutu da ürünün ağız içerisindeki yapısını incelemek için son derece önemlidir. Çikolatanın çekiciliğinin bir kısmı ağızda bıraktığı yumuşak histen kaynaklanmaktadır. Çikolatada çiçeklenme oluştuğunda (hem yağ hem de şeker) doku değişir ve bir fark algılanır (Engeseth ve ark., 2009).

Çiçeklenme, çikolatada bulunan kakao yağı veya bitkisel yağlar ile doğrudan ilişkilidir. Kakao yağı, çikolata yağının en az %95'ini temsil eder. AB'de bu seviyenin üzerinde diğer bitkisel yağların eklenmesi veya kakao yağı dışında tamamen bitkisel yağların kullanılması, ürünlerin kokolin olarak adlandırılmasını gerektirmektedir. Çiçeklenmiş çikolata, yüzey parlaklığının kaybı ve yüzeyde beyaz bir görünümün oluşması ile karakterize edilir. Ayrıca, çiçeklenme, donuk griden mermer görünümüne ve küçük beyaz noktalardan büyük beyaz noktalara kadar farklı görünümlere sahip olabilir. Çiçeklenme, uygun olmayan üretim koşulları, bileşim ve sıcaklık gibi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Etkili olarak, yağın ve emülgatörün türü, çikolatanın kaplandığı merkezin türü, çiçeklenme oluşumunu ve şeklini etkileyebilecek parametrelerdir (Lonchamp ve Hartel, 2004).

Tekstürel özellikler, kaliteyi değerlendirmek için tüketiciler tarafından kullanılan üç ana kabul edilebilirlik faktöründen birini oluşturur. Görünüm ve lezzet diğer iki önemli kabul edilebilirlik faktörleridir. Tekstür önemlidir, çünkü insan beyni mekanik özelliklerin kritik değerlendirmesini geliştirmiştir ve çoğu gıda ürünü gibi çikolata da bu kalite faktörü temelinde kabul edilebilir veya reddedilebilir (Afoakwa ve ark. 2007).

Lezzette olduğu gibi, duyuusal değerlendirme panelleri ile bir ürünün dokusunun değerlendirilmesi çok önemlidir. Ancak, duyuusal değerlendirme panelleri düzenlemek pahalıdır ve panelistler günde yalnızca birkaç numuneyi

değerlendirebilirler. Ayrıca küçük değişiklikleri tespit edemeyebilirler. Bir üretici, bileşenlerde veya işlemede bir değişiklik yapabilir ve bunun nihai ürünün dokusunu nasıl etkileyeceğini bilmek isteyebilir. Bu durumda analitik yöntemler, çok sayıda numunenin yüksek derecede tekrarlanabilirlikle değerlendirilebildiği için yararlıdır. Çikolata için, kırılma ve sertlik en önemli tekstürel özelliklerinden ikisidir. Bunlar, doku ölçüm cihazları ile analiz edilebilir. Bunlar, problemleri veya bıçakları vb. sabit bir hız veya kuvvetle numuneye sürerken aynı zamanda numune tarafından üretilen direnç kuvvetini veya mesafeyi kaydetmektedir (Beckett, 2000).

Afoakwa ve ark. (2007) yapmış oldukları araştırmada, çikolatanın fiziksel özellikleri, reolojik davranışı ve duyu özelliklerinin büyük ölçüde işleme tekniklerinden, partikül boyut dağılımından ve içerik bileşiminden etkilendiği saptanmıştır. Çikolata tekstürünü geliştirmek için, partikül boyutu dağılımı ve çikolatanın bileşiminin, ürünün fiziksel özelliklerini, reolojik davranışını ve duyu niteliklerini değiştirmede kullanılabileceği, fakat akış davranışındaki ve tekstürdeki değişiklikleri etkileyen temel ilkelerin ve faktörlerin daha iyi anlaşılabilmesi için derinlemesine araştırmalar yapılması gerektiği ayrıca belirtilmiştir. Çikolatanın doku özellikleri, kullanılan hammaddelerin miktarı ve türünden önemli ölçüde etkilenir. Kakao yağı yüzdesi ve ikame yağlar özel bir öneme sahiptir (Tscheuschner ve Markov, 1988)



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çikolata üretiminde materyal olarak şeker, kakao yağı (%100 deodorize), kakao likörü (kakao kitlesi), natürel kakao tozu, alkalize kakao tozu, yağlı ve yağsız süt tozları, peyniraltı suyu tozu (demineralize), lesitin (ayçiçek) (E322) ve vanilin kullanılmıştır.

Çikolata üretiminde kullanılan; şeker (pudra), Türkiye'deki şeker fabrikalarından temin edilmiştir. Kakao yağı ve kakao tozları (alkalize kakao tozu ve natürel kakao tozu) Altınmarka firmasından, kakao likörü (kakao kitlesi) Olam Grup- Rotel İç ve Dış Tic. A.Ş. firmasından, yağlı süttozu, yağsız süttozu ve demineralize peyniraltı suyu tozu Enka Süt firmasından, ayçiçek lesitini (E322) Yılmaz Kimya firmasından, vanilin ise Univar firmasından tedarik edilmiştir.

Farklı coğrafi orijinlerdeki kakao likörlerinin ve bu likörler kullanılarak üretimi yapılan çikolataların analizlerinde kullanılan kimyasallardan hekzan, fenoltalein, KOH, kloroform ve KI, Merck (ABD) firmasından satın alınmıştır. Etanol ve dietil eter ise Isolab firmasından temin edilmiştir.

3.2. Metot

Araştırmada Rotel İç ve Dış Tic. A.Ş. firmasından tedarik edilen Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörleri karakterize edilmiştir. Bu bağlamda kakao likörü numunelerinde nem, kakao yağı miktarı, renk analizleri, likör numunelerinden ekstrakt edilen kakao yağlarında ise katı yağ miktarı (SFC), yağ asitleri kompozisyonu, serbest yağ asitliği ve peroksit analizleri yapılmıştır.

Bu kakao likörlerini kullanarak Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş. Gaziantep üretim tesisi Ar-Ge Merkezi Laboratuvarında 3 adet sütlü ve 3 adet bitter çikolata olmak üzere 6 adet çikolata numunesi üretilmiştir. Üretilen numunelerde reçeteler sütlü ve bitter çikolatalar için kendi içlerinde aynı olup, yalnızca farklı coğrafi orijinlerde kakao likörleri kullanılmıştır. Üretilen çikolata

numunelerinde renk analizi, reoloji analizi, bükme testi ve penetrasyon testi gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Kakao Likörlerinin Karakterizasyonu

3.2.1.1. Nem Analizi

Kakao likörlerinde nem analizi, Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) metoduna göre, 105°C’de Sartorius MA100C (Almanya) nem analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analiz için 2 gram kakao likörü numunesi, nem cihazı üzerindeki terazi yardımıyla tartım kabına tartılmıştır. Her bir kakao likörü numunesi için 3 paralel olacak şekilde 105°C’de nem ölçümleri yapılmıştır (AOAC, 1999).

3.2.1.2. Kakao Yağı Miktarı Analizi

Kakao likörü, kakao yağını da içeren bir kakao yarı mamulüdür. Kakao likörü numunelerindeki kakao yağı miktarını belirleyebilmek için likörün içerisinde bulunan kakao yağının ekstrakte edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için bu çalışmada kullanılan her bir kakao liköründen 20 gram bir erlenmayer içine tartılıp üzerine 200 ml hekzan ilave edilmiştir. Erlenmayer içerisinde bulunan karışım, iyice karışmaya kadar çalkalanmıştır. Hekzanlı numuneler falkon tüplerine alınarak 25°C’de 110 rpm’de bir saat süre ile santrifüjlenmiştir. Daha sonra hekzan fazı filtre edilerek süzölmüş, kalan katı fazdan kakao yağı tamamen ayrılınca kadar ekstraksiyon işlemi tekrar edilmiştir. Filtre kağıdından geçip altta kalan yağ fazı, önceden darası alınmış olan falkon tüpüne alınarak tartımı yapıp yüzde hesabı ile sonuca ulaşılmıştır. Bu işlem 3 paralel olacak şekilde tekrarlanmıştır. Falkon tüplerinin içerisindeki kakao yağı örnekleri daha sonraki analizlerde kullanılmak üzere oda koşullarında bekletilmiştir (Klinkesorn ve ark., 2011).

3.2.1.3. Renk Analizi

Kakao likörü numunelerinde renk analizi, Hunterlab ColorFlex EZ model spektrofotometre (ABD) kullanılarak, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIELAB) formülüne göre 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Buna göre, cihazdan okunan L^* , a^* ve b^* değerleri not edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Hue açısı (h°) ve Chroma değeri (C^*) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Briones ve Aguilera, 2005).

$$h^\circ = \text{Arctan}(b^*/a^*)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$$

3.2.1.4. Katı Yağ Miktarı (SFC) Analizi

Kakao likörü numunelerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının katı yağ yüzdeleri kalorimetre (Perkin Elmer DSC-6, Norwalk, CN, ABD) ile analiz edilmiştir. DSC cihazı indiyum ile kalibre edilmiştir (m.p. 156.6 °C, $\Delta H_f = 28.45 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$). Temizleme gazı olarak 40 ml/dak akış hızında azot gazı kullanılmıştır. Bir numune (5-10 mg) 80°C'de tamamen eritilerek alüminyum bir kap içerisine tartılarak, kap kapatılmıştır. Referans olarak boş, hava geçirmez şekilde kapatılmış bir alüminyum kap kullanılmıştır. Numunenin önceki termal geçmişi, numune DSC cihazında 80°C'ye ısıtılarak ve 10 dakika tutularak silinmiştir. Numune daha sonra 5°C/dak oranında -60°C'ye soğutulmuş ve -60°C'de 10 dakika tutulmuştur. Soğutma periyodunun sonunda numune 5°C/dak ile 80°C'ye ısıtılmıştır. Katı yağların yüzdesi, Tieko ve Aparecida'ya (1995) göre DSC ısıtma termogram verilerinden çeşitli sıcaklıklarda hesaplanmıştır. Bildirilen tüm DSC değerleri, üç taramanın ortalamasıdır (Yanık ve ark., 2016).

3.2.1.5. Yağ Asitleri Kompozisyonunun Belirlenmesi

Numunelerin yağ asidi bileşimi, yağ asitlerinin karşılık gelen yağ asidi metil esterlerine (FAME) dönüştürülmesinden sonra belirlenmiştir. Metilasyondan sonra, yağ asidi bileşimi, bir alev iyonizasyon dedektörü ve bir BPX kapiler kolon

(30 m x 0.22 mm id x 0.25 µm film kalınlığı) ile donatılmış Shimadzu GC17A gaz kromatografı (Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Enjektör ve dedektörün sıcaklıkları sırasıyla 225 ve 250°C 'ye ayarlanmıştır. Fırın 1 dakika 60°C'ye ısıtılmış, daha sonra sıcaklık 10 °C/dak oranında 170°C'ye ve ardından 3°C/dak hızında 170°C'den 230°C'ye yükseltilmiş ve bu sıcaklıkta 15 dakika tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak 1 ml/dak akış hızında azot gazı kullanılmıştır. Yağ asitlerinin metil esterleri (FAME), standart karışımların görelî tutma süreleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir (Yanık ve ark., 2016).

3.2.1.6. Serbest Yağ Asitliği Tayini

Bu analiz için erlenlere 5 – 10 gram yağ numunesi tartılmıştır. Daha sonra tartılan örneklerin içerisine etanol – dietil eter (1/1, h/h) karışımından 50 – 100 ml eklenmiş ve yağ ve yağ asitlerinin çözünmesi için erlen içerisindeki numuneler 1 dakika boyunca çalkalanmıştır. Karışımlara 3 – 4 damla fenolftaleyn damlatıldıktan sonra bürette bulunan 0,1 N etanollü KOH ile uçuk pembe renk elde edinceye kadar titrasyon yapılmıştır. Sarfiyat kaydedildikten sonra serbest yağ asitliği % oleik asit cinsinden aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Anon., 2014).

$$SYA (\% \text{ Oleik Asit}) = (V \times 2,82) / m$$

$$SYA = \text{Serbest Yağ Asitliği}$$

$$V = \text{Sarfiyat (ml)}$$

$$m = \text{Örnek Miktarı (g)}$$

3.2.1.7. Peroksit Tayini

Bu analiz için erlen içerisine her bir kakao yağı (eriyik) numunesinden 2 gram tartılmıştır. Daha sonra üzerine 10 ml kloroform ilave edildikten sonra hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. Çalkalama işleminden sonra sıra ile 15 ml asetik asit ve 1 ml KI ilave edilerek ağzı kapatılmış ve 5 dakika boyunca karanlık bir ortamda bekletilmiştir. 5 dakika sonunda üzerine 75 ml saf su ve 1 ml nişasta eklenmiştir.

İşlemlerin sonrasında 0,01 N Sodyum tiyosülfat ile renk kayboluncaya kadar titrasyon yapılmış ve sarfiyat kaydedilmiştir. Peroksit sayısı aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Anon., 2014b).

$$\text{Peroksit Sayısı} \left(\text{meq} \frac{\text{O}_2}{\text{kg yağ}} \right) = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{m}$$

a= Titrasyonda örnek için harcanan tiyosülfat miktarı, ml

b= Titrasyonda şahit için harcanan tiyosülfat miktarı, ml

N= Tiyosülfatın normalitesi

m= Alınan numune miktarı, g

3.2.2. Çikolata Üretim Metodu

Sütlü ve bitter çikolata üretimleri Şekil 3.1'deki üretim akış şemasında belirtildiği gibi yapılmıştır. Üretim her bir çikolata için aynı şartlarda yapılmıştır. Çikolata üretimleri 5 kg'lık reçeteler halinde hazırlanarak gerçekleştirilmiştir.

Çikolata üretimi için kullanılan pudra şekeri, kakao yağı, kakao likörü (kakao kitlesi), yağlı ve yağsız süt tozları, natürel ve alkalize kakao tozları, peyniraltı suyu tozu ve vanilin 5 kg olarak hazırlanmış reçetelere göre tartılmıştır. Tartılan hammaddelerden kakao yağı ve kakao likörü (kakao kitlesi) oda koşullarında katı halde bulunduğu için eritilerek tartıma katılmıştır. Tartım işlemi tamamlandıktan sonra, karışım endüstriyel mikser yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen karışım ikili silindire alınıp, partikül boyutu 18 mikrona ayarlanmıştır. Partikül boyutu Mitutoyo Series 293 MDC-MX Lite (Japonya) mikrometre kullanılarak ölçülmüştür. Bu aşamanın sonunda istenilen partikül boyutuna gelen karışım, konç cihazına alınmıştır. Konçlama işlemi 3 aşamadan oluşmaktadır. Konçlama işleminin ilk ve son aşamasında kakao yağının kalan kısmı ve emülgatör olarak ayçiçek lesitini ilave edilmiştir. Konçlama işlemi sonunda istenilen kıvama gelen çikolata hamurları temperlendikten sonra kalıplara dökülerek soğumaya alınmıştır. Temperleme işlemi el ile yapılmıştır. Çikolata

üretimi akış şeması Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çikolata üretimi akış şeması

3.2.3. Çikolatada Yapılan Analizler

3.2.3.1. Renk Analizi

Kakao likörü numunelerinde renk analizi, Hunterlab ColorFlex EZ spektrofotometre kullanılarak, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIELAB) formülüne göre ve her bir numuneden 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Buna göre, cihazdan okunan L^* , a^* ve b^* değerleri not edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Hue açısı (h°) ve kroma değeri (C^*) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Briones ve Aguilera, 2005).

$$h^0 = \text{Arctan}(b^*/a^*)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$$

3.2.3.2. Tekstür Analizi

Gana, Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörleri kullanılarak hazırlanan sütlü ve bitter çikolata numunelerinde TA-XT Plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, Birleşik Krallık) kullanılarak üç noktalı bükme ve penetrasyon testleri uygulanmıştır.

Üç noktalı bükme testi, üç noktalı bükme test probu (HDP/3PB) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, para çikolata kalıbında hazırlanan ve iki çene arasındaki mesafe 25 mm, kalınlığı ise 3 mm olan farklı orijinlerde kakao likörleri içeren sütlü ve bitter çikolata örnekleri kullanılmıştır. Teste başlamadan önce numuneler oda koşullarında 24 saat tutulmuştur. Test baskı modunda yapılmıştır. Test öncesi hızı, test hızı ve test sonrası hızı değerleri sırasıyla 2, 1 ve 10 mm/s olarak ayarlanmıştır. Mesafe ise 15 mm olarak belirlenmiştir.

Sütlü ve bitter çikolata numunelerinin sertliği, bir uzatma çubuğuna bağlı penetrasyon probu (P/5) ve 5 kg'lık bir yük hücresi (loadcell) ile ölçülmüştür. Test, oda koşullarında gerçekleştirilmiştir. Test parametrelerinden test öncesi hızı, test hızı ve test sonrası hızı değerleri sırasıyla 1,2 ve 10 mm/s, delme derinliği ise 5 mm olarak ayarlanmıştır (Afoakwa, 2008). Test, iki adet çikolata üst üste konularak yapılmıştır.

3.2.3.3. Reoloji Analizi

Sütlü ve bitter çikolata numunelerinin reoloji analizleri Brookfield DV3T-RV model reometre (Amerika Birleşik Devletleri) ve Brookfield TC-150 model su banyosu (Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Katı halde bulunan numuneler 50°C'ye ayarlanmış inkübatörde 1 saat 15 dakika boyunca bekletilerek her bir numunenin aynı sıcaklık derecesinde olması sağlanmıştır. Reometrenin ölçüm parametreleri aşağıdaki şekilde ayarlanmıştır.

- Ölçüm sıcaklığı 40°C olacağından, su banyosu 40°C'ye sabit olacak şekilde ayarlanmıştır.
- Reometre ekranından ölçüm hızları 2 rpm'den başlayıp 48 rpm'de sonlanacak şekilde ayarlanmıştır
- Cihaz ölçüm aralıkları her 10 saniyede 1 ölçüm alacak şekilde ayarlanmıştır.

İnkübatörden çıkarılan eriyik çikolata numuneleri Brookfield DV3T-RV model reometrenin silindirik numune haznesine yerleştirildikten sonra SC4-27 nolu spindle cihaza (Amerika Birleşik Devletleri) takılmış ve ölçümlere başlanmıştır. Ölçümler her bir çikolata numunesinden üç paralel şekilde yapılmıştır. Her ölçüm cihaz tarafından kayıt altına alınmıştır (Anon., 2017). Ölçülen viskoziteler görünür viskozite değerleridir.

Casson Reolojik Modeli, visko-elastik akışkanların akışını tanımlamak için kullanılan yapı temelli bir modeldir (Casson, 1959). Bu model Newtonian'dan Verim bölgesine daha kademeli bir geçişe sahiptir. Matematiksel olarak, Casson modeli şu şekilde ifade edilir:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{k_{oc}} + \sqrt{k_c} \gamma$$

Formülde k_{oc} , Casson akma gerilimi (Pa.s), k_c , mPa.s cinsinden Casson plastik viskozitesidir. k_{oc} ve k_c parametreleri, kayma geriliminin karekökü ($\sqrt{\tau}$), kayma hızının kareköküne ($\sqrt{\gamma}$) karşı k_c eğimi ve k_{oc} kesişimi ile çizildiğinde, çizilen düz çizgiden elde edilebilir. Casson akma gerilimi $\tau_{oc} = (k_{oc})^2$ kesme noktasının karesi olarak hesaplanır ve Casson plastik viskozitesi $\eta_{ca} = (k_c)^2$ eğiminin karesidir (Adewale ve ark., 2017).

3.2.4. İstatistiksel Analiz

Üç farklı coğrafi orijinde kakao likörleri, bu likörlerden ekstrakte edilen kakao yağları ve bu likörler kullanılarak hazırlanan çikolata numunelerine ait

bulgular SPSS sürüm 25 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, ABD) yazılımı ile varyans analizine tabi tutulmuş ve farklılıkların belirlenmesi amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.





4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kakao Likörlerinin Karakterizasyonu

4.1.1. Nem Analizi

Üç farklı orijinde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörlerinin nem değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere kakao likörlerinin nem değerleri ortalama $0,23 \pm 0,03$ ile $1,10 \pm 0,21$ arasında değişmiş, en yüksek ortalama nem içeriği $1,10 \pm 0,21$ değeri ile Ekvador orijinli likörde, en düşük nem değeri ise $0,23 \pm 0,03$ değeri ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülmüştür. Kakao likörlerinin nem değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.1. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin nem analiz sonuçlarının ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Orijin	Nem* (%)
Ekvador	$1,10 \pm 0,21^a$
Gana	$0,50 \pm 0,01^b$
Fildişi Sahilleri	$0,23 \pm 0,03^c$

*a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Kakao likörlerindeki optimum nem içeriği miktarı konusunda farklı görüşler vardır ve çoğu fabrikada %1 ile %1,5 nem arasında çalışılmasına karşın kabul edilmekte ve optimum değer % 0,8–1,8 arasındır (Dand, 2011).

Tuenter ve ark. (2020), Batı Afrika ve Ekvador orijinli kakao likörlerinin uçucu ve uçucu olmayan bileşimlerini incelemişler ve bu çalışmada her iki coğrafi orijinli kakao liköründe de ortalama nem değerlerinin %1,5’in altında olduğu bulunmuştur.

Tran ve ark. (2016) Vietnam orijinli kakao likörlerinden üretilen bitter çikolataların kalite özelliklerini araştırdıkları çalışmada, farklı asitlik derecelerinde

kakao likörleri kullanmışlar ve likörlerin nem içeriklerinin %0,4-3,9 arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde yapılan nem analiz sonuçları, literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.1.2. Kakao Yağı Miktarı Analizi

Üç farklı orijinde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağı miktarı analiz sonuçları ortalama değerlerinin Çoklu Karşılaştırma Testi (Tukey) Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı orijinlerde kakao likörlerinden elde edilen kakao yağı miktarı (%) (a/a) analiz sonuçları ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Coğrafi Orijin	Kakao Yağı Miktarı* (%)
Ekvador	52,56±0,06 ^{a*}
Gana	53,54±0,10 ^b
Fildişi Sahilleri	52,75±0,06 ^c

*a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi üç farklı coğrafi orijinli kakao liköründen ekstrakte edilen kakao yağ miktarları % 52,56±0,06 ile 53,54±0,10 aralığında yer almaktadır. En yüksek ortalama değer % 53,54±0,10 ile Gana orijinli likörde bulunmuşken, en düşük değer ise % 52,56±0,06 ile Ekvador orijinli likörde bulunmuştur. Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin kakao yağı oranlarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir (p<0,05).

Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği'ne (Tebliğ no: 2017/29) ve Codex Alimentarius International Food Standards'a (FAO) göre kakao kitlesinde kütlece % 47-60 arası kakao yağı bulunmalıdır. Analiz sonuçlarına bakıldığında çıkan kakao yağı yüzdeleri Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği'ne ve Codex Alimentarius International Food Standards'a uygun

bulunmuştur.

Beckett (2017)' e göre, kakao likörü genellikle %47-56 oranında kakao yağı içermektedir ve bu hem kakao yağı hem de kakao tozu üretmek için fiziksel olarak ekstrakte edilmektedir. Çoğu kakao yağı, alkalileştirilmiş kakao kitlesinden üretilir ve kakao çekirdekleri, alkalileştirme ve kavurma aşamalarından gelen aromaların bir kısmını korumaktadır. Yağ içeriği % 10'dan az olan kakao tozlarının üretimi için ekstraksiyon gereklidir ve CO₂ ve/veya diğer çözücüler bu işlem için kullanılabilir. Yağ içeriği % 30'u aşan kakao tozlarının üretiminde ise kakao kütesinin kriyojenik öğütülmesi gibi teknikler mevcuttur. Çizelge 4.2.'de bulunan analiz sonuçları belirlenen aralık içerisinde yer almaktadır.

4.1.3. Renk Analizi

Üç farklı orijinde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörünün L*, a* ve b* analiz sonuçları ve Çoklu Karşılaştırma Testi (Tukey) Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir. Burada L * koordinatı, rengin koyuluğunu veya açıklığını gösterir ve siyahtan (0) beyaza (100) kadar değişmektedir. Koordinatlar ise, a * ve b *, renk yönlerini göstermektedir: + a * kırmızıyı, -a * yeşili, + b * sarıyı ve -b * maviyi ifade etmektedir (Itle ve Kabelka, 2009).

Çizelge 4.3. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin renk analizi L*, a* ve b* ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Orijin	L*	a*	b*
Ekvador	14,09±0,03 ^a	15,09±0,06 ^a	16,35±0,20 ^a
Gana	14,85±0,02 ^b	14,75±0,14 ^b	16,63±0,30 ^{ab}
Fildişi Sahilleri	13,36±0,07 ^c	15,09±0,06 ^a	17,47±0,58 ^b

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Yapılan analizler sonucunda L* ortalama değerleri 13,36±0,07 ile 14,85±0,02 arasında yer almış, en yüksek L* değeri 14,85±0,02 ile Gana orijinli

likörde, en düşük L^* değeri ise $13,36 \pm 0,07$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde olduğu görülmüştür. Kakao likörleri L^* değeri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). a^* ortalama değerleri $14,75 \pm 0,14$ ile $15,09 \pm 0,06$ arasında yer almış, en yüksek değer $15,09 \pm 0,06$ ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde, en düşük a^* değeri ise $14,75 \pm 0,14$ Gana orijinli likörde görülmüştür. a^* değerleri Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). b^* ortalama değerleri $16,35 \pm 0,20$ ile $17,47 \pm 0,58$ arasında yer almış, en yüksek b^* değeri $17,47 \pm 0,58$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülürken, en düşük b^* değeri ise $16,35 \pm 0,20$ ile Ekvador orijinli likörde görülmüştür. b^* değerleri, Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin istatistiksel olarak kendi aralarında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında farklı ($p < 0,05$) olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda çıkan verilere göre L^* değerleri her üç likör için istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). a^* değerleri Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise a^* değeri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). b^* değerlerine bakıldığında ise, Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin istatistiksel olarak kendi aralarında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında farklı ($p < 0,05$) olduğu görülmüştür.

$L^*a^*b^*$ sisteminin silindirik versiyonu, açıklık-koyuluk (L^*), hue (h°) ve kroma (C^*) algısal özelliklerine karşılık gelen Munsell renk düzeni sistemine benzer (Aguilera ve Briones, 2005). Renkliliğin niceliksel özelliği olarak kabul edilen kroma (C^*), bir tonun aynı açıklığa sahip gri bir renge kıyasla farklılık derecesini belirlemek için kullanılır. Kroma değerleri ne kadar yüksek olursa, insanlar tarafından algılanan renk yoğunluğu o kadar yüksek olur. Rengin niteliksel

özelliği olarak kabul edilen hue açısı (h^*), renklerin geleneksel olarak kırmızımsı, yeşilimsi vb. olarak tanımlandığı nitelikler ve belirli bir rengin gri renge referansla farkını aynı açıklıkta tanımlamak için kullanılır. Bu özellik, farklı dalga boylarında absorbanstaki farklılıklar ile ilgilidir (Opara ve ark., 2012). Üç farklı orijinde kakao likörünün hue ve kroma değerlerinin istatistiksel karşılaştırmaları Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı orijinlerde kakao likörlerinin renk analizi hue açısı (h^0) ve chroma (C^*) ortalama değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Orijin	h^0	C^*
Ekvador	$0,82 \pm 0,01^a$	$15,09 \pm 0,06^a$
Gana	$0,84 \pm 0,02^{ab}$	$14,75 \pm 0,14^b$
Fildişi Sahilleri	$0,86 \pm 0,01^b$	$15,09 \pm 0,06^a$

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Çizelge 4.4.'te görüldüğü gibi, hue açısı değerleri ortalama $0,82 \pm 0,01$ ile $0,86 \pm 0,01$ arasında olup, en yüksek değer $0,86 \pm 0,01$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde, en düşük değer ise $0,82 \pm 0,01$ ile Ekvador orijinli likörde bulunmuştur. Hue açısı (h^0) değerleri açısından Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak birbirinden farklı ($p < 0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p > 0,05$) bulunmuştur. Analiz sonucunda kroma (C^*) değerleri ortalama $14,75 \pm 0,14$ ile $15,09 \pm 0,06$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $15,09 \pm 0,06$ ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde görülmüştür. En düşük değer ise $14,75 \pm 0,14$ ile Gana orijinli likörde görülmüştür. Kroma değerleri (C^*) açısından ise Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Fildişi Sahilleri ve Gana orijinli likörlerin kendi aralarında istatistiksel olarak farklı ($p < 0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında benzer oldukları

bulunmuştur.

Renk, kavrulmuş kakao çekirdeklerinin en önemli fizikokimyasal özelliklerinden biridir çünkü bu, kakao çekirdeği kullanılarak elde edilen ürünlerin kalitesini etkiler. Kahverengi renk, kırmızı-mora tercih edilir. Bu parametre sadece polifenollerin ve antosiyanların ve bunların türevlerinin içeriğine değil, aynı zamanda Maillard reaksiyon ürünlerinin ve nişasta dekstrinizasyon ürünlerinin mevcudiyetine de bağlıdır. Isıl işlem (kakao çekirdeklerinde) veya uzun süreli depolama sırasında gıdalarda meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olan Maillard reaksiyonları, olumlu veya olumsuz etkilere yol açar. Şekerler ve amino asitler ve proteinler arasındaki reaksiyonlar, esansiyel amino asitlerin bozulmasına, protein sindirilebilirliğinin azalmasına, enzimlerin inaktivasyonuna ve proteinlerin proteolize karşı daha düşük duyarlılığına yol açar. Bu reaksiyonların ürünleri ya kanserojen ve mutajenik özelliklere sahiptir ya da insan sağlığını olumlu yönde etkileyebilecek antioksidan ve antibakteriyel aktiviteler sergilerler. Maillard proseslerinin son aşamasında sklizasyon, dehidrasyon ve kondenzasyon reaksiyonları hem düşük moleküler ağırlıklı pigmentler hem de melanoidinler gibi yüksek moleküler ağırlıklı renkli maddeler verir (Zyzelewicz ve ark., 2013).

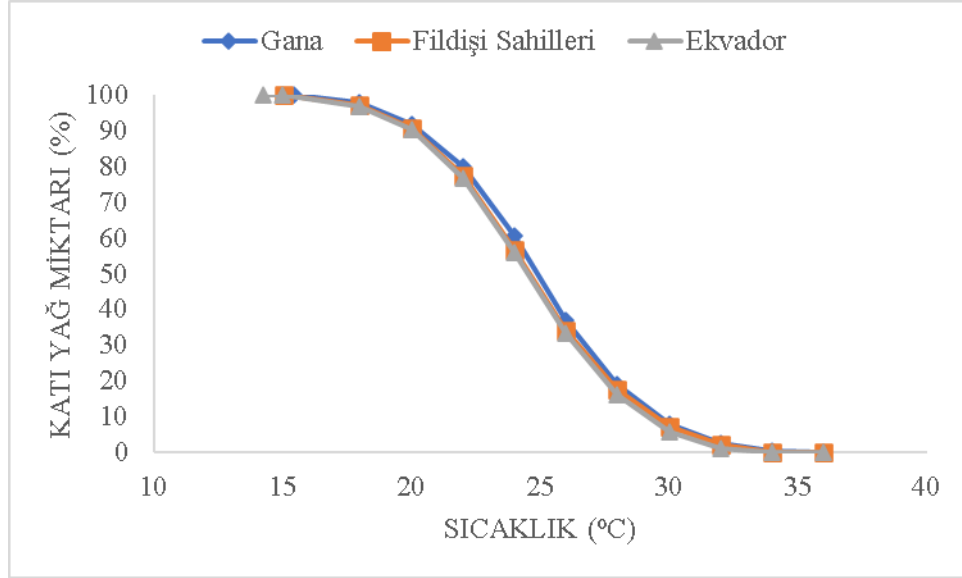
Kakao likörü, kakao çekirdeği kullanılarak üretildiğinden, kakao çekirdeğinin rengi doğrudan kakao likörünün rengini de etkilemektedir. Kakao kitlesi üretiminde kullanılan kakao çekirdekleri coğrafi olarak farklı olduğundan, renk farklılığı olması da normaldir.

4.1.4. Katı Yağ Miktarı (SFC) Analizi

Katı yağ içeriği (SFC), bir yağın farklı sıcaklıklarda katı/sıvı kütle ilişkisini ifade eden, kıvam ve kararlılık gibi fiziksel özellikleri ve ayrıca önemli duyuşal nitelikleri etkileyen bir parametredir (Ribeiro ve ark., 2009). Kaliteli bir çikolata ağza alındığı ilk anda vücut ısısında erimeli ve ağızda herhangi bir katı parça bulundurmamalıdır. Çikolataların en önemli girdilerinden bir tanesi olan kakao

yağının erime profilinin iyi olması doğrudan çikolata ürününün de kalitesini ve erime düzenliliğini olumlu etkileyecektir.

Şekil 4.1’de üç farklı orijinde kakao kitlesinden elde edilen kakao yağlarının yüzde katı yağ miktarı-sıcaklık değişim grafiği verilmiştir. Her üç coğrafi orijinden elde edilen kakao yağına da bakıldığında, 36°C sıcaklıkta katı yağ miktarının %0 olduğu, yani tamamen sıvı forma geçtiği görülmektedir. Kakao yağlarının erimeye başladığı ilk noktaya bakıldığında ise Ekvador orijinli kakao liköründen ekstrakte edilen kakao yağında 14,24°C, Gana kakao yağında 15,46°C ve Fildişi Sahilleri kakao yağında 15,04°C olarak görülmektedir.



Şekil 4.1. Kakao yağlarının yüzde katı yağ-sıcaklık grafiği

Analiz sonuçları incelendiğinde, Ekvador orijinli kakao liköründen ekstrakte edilen kakao yağı için erimeye başlama sıcaklığının 14,24 °C olduğu görülmüştür. Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağı numuneleri için ise bu değer sırasıyla 15,46 °C ve 15,04 °C olarak bulunmuştur. Her üç kakao yağı numunesinde de 36 °C sıcaklıkta tamamen sıvı form tespit edilmiştir.

Ribeiro ve ark. (2012), Brezilya kakao yağı ve endüstriyel karışımlarının fiziko-kimyasal özelliklerini incelemiş oldukları çalışmalarının birinci bölümünde kimyasal bileşim, katı yağ içeriği (SFC) ve yoğunluklarını incelemişler, araştırmaları sonucunda çalışmamızla benzer olarak katı yağ miktarları 10°C’de %80-90 arasında, 35°C’de ise %0 olarak bulmuşlardır.

4.1.5. Yağ Asitleri Kompozisyonu

Farklı orijinlerde kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının yağ asitleri kompozisyonunun istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.5.’te verilmiştir. Tüm örneklerde miktar olarak en fazla saptanan yağ asitleri sırasıyla C18:0 (stearik asit), C18:1 (oleik asit), C16:0 (palmitik asit), C18:2 (linoleik asit) ve C18:3 n-6 (γ-linolenik asit) olmuştur. Diğer yağ asitleri ise düşük miktarlarda bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Yağ asitleri Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Yağ Asidi*	Ekvador	Gana	Fildişi Sahilleri
C4:0 (bütanoik asit)	0,01±0,01 ^a	0,05±0,01 ^b	0,03±0,01 ^a
C6:0 (kaproik asit)	0,02±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a
C8:0 (kaprilik asit)	0,02±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a	0,02±0,01 ^a
C14:0 (miristik asit)	0,12±0,02 ^a	0,36±0,01 ^b	0,23±0,02 ^c
C14:1 (miristoleik asit)	0,05±0,02 ^a	0,03±0,01 ^a	0,05±0,01 ^a
C16:0 (palmitik asit)	26,70±0,50 ^a	28,66±0,35 ^b	26,16±0,30 ^a
C16:1 (palmitoleik asit)	0,27±0,04 ^a	0,28±0,04 ^a	0,26±0,02 ^a
C17:0 (margarik asit)	0,24±0,02 ^a	0,23±0,02 ^a	0,24±0,02 ^a
C17:1 (heptadekanoik asit)	0,03±0,02 ^a	0,03±0,02 ^a	0,04±0,02 ^a
C18:0 (stearik asit)	36,75±0,40 ^a	34,92±0,47 ^b	37,17±0,11 ^a
C18:1 (oleik asit)	32,58±0,11 ^a	32,47±0,31 ^a	32,36±0,28 ^a
C18:2 (linoleik asit)	2,78±0,10 ^a	2,87±0,06 ^a	2,79±0,12 ^a
C18:3 n-3 (α-linolenik asit)	0,06±0,02 ^a	0,06±0,02 ^a	0,06±0,02 ^a
C18:3 n-6 (γ-linolenik asit)	1,12±0,10 ^a	1,07±0,08 ^a	1,16±0,06 ^a
C20:3 n-6 (dihomo- γ-linolenik asit)	0,19±0,02 ^a	0,19±0,03 ^a	0,19±0,02 ^a
C24:0 (lignoserik asit)	0,14±0,04 ^a	0,09±0,02 ^{ab}	0,07±0,01 ^b

*Satırlarda a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.5'teki Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına bakıldığında;

C18:0 (stearik asit) miktarları, 34,92±0,47 ile 37,17±0,11 arasında olup, en yüksek değer ortalama 37,17±0,11 ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında, en düşük değer ise 34,92±0,47 ile Gana orijinli kakao yağında görülmüştür. Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli olanlarda C18:0 (stearik asit) açısından kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken (p>0,05), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve

Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

C18:1 (oleik asit) miktarları, $32,36\pm0,28$ ile $32,58\pm0,11$ arasında olup, yen yüksek değer ortalama $32,58\pm0,11$ ile Ekvador orijinli kakao yağında, en düşük değer ise ortalama $32,36\pm0,28$ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülmüştür. C18:1 (oleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

C16:0 (palmitik asit) miktarları, $26,16\pm0,30$ ile $28,66\pm0,35$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $28,66\pm0,35$ ile Gana orijinli kakao yağında, en düşük değer ise $26,16\pm0,30$ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülmüştür. C16:0 (palmitik asit) açısından Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli olanlarda kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken ($p>0,05$), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

C18:2 (linoleik asit) miktarları, $2,78\pm0,10$ ile $2,87\pm0,06$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $2,87\pm0,06$ ile Gana orijinli kakao yağında, en düşük değer ise $2,78\pm0,10$ ile Ekvador orijinli kakao yağında görülmüştür. C18:2 (linoleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

C18:3 n-6 (γ -linolenik asit) miktarları, $1,07\pm0,08$ ile $1,16\pm0,06$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $1,16\pm0,06$ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında, en düşük değer ise ortalama $1,07\pm0,08$ ile Gana orijinli kakao liköründe görülmüştür. C18:3 n-6 (γ -linolenik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Naik ve Kumar (2014), kakao yağının genel yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 4.6'daki gibi bulmuştur.

Çizelge 4.6. Kakao Yağının Yağ Asitleri Kompozisyonu

Yağ asidi Türü	Miktar (%)
<u>Doymuş Yağ Asitleri Toplamı</u>	57-64
Palmitik Asit (C16:0)	24.5-33.7
Stearik Asit (C18:0)	33.7-40.2
Miristik Asit (C14:0)	0-4
Araşidik Asit (C20:0)	1
Laurik Asit (C12:0)	0-1
<u>Doymamış Yağ Asitleri Toplamı</u>	36-43
Oleik Asit (C18:1)	26.3-35
Palmitoleik Asit (C16:1)	0-4
Linoleik Asit (C18:2)	1.7-3
α -Linolenik Asit (C18:3 n-3)	0-1
Diğer	1,6

Çizelge 4.6'da da görüldüğü gibi, yapılan çalışmamız ile literatür arasında benzerlik bulunmaktadır. Hem çalışmamızda hem de literatürde, kakao yağının içerisinde baskın olan yağ asitleri palmitik, stearik ve oleik asitlerdir.

4.1.6. Serbest Yağ Asitliği Tayini

Farklı orijinlerde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının serbest yağ asitliği tayini Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi en yüksek yağ asidi miktarı % $2,60 \pm 0,07$ ile Ekvador orijinli kakao liköründe, en düşük ise $1,62 \pm 0,04$ ile Gana orijinli kakao liköründe bulunmuştur. Tukey Çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağları serbest yağ asitlikleri (% oleik asit) değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.7. Serbest yağ asitliği ortalama değerleri (a/h) Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Orijin	Serbest Yağ Asidi* (% Oleik Asit cinsinden) (a/h)
Ekvador	2,60±0,07 ^a
Gana	1,62±0,04 ^b
Fildişi	2,14±0,10 ^c

*a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Foubert ve ark. (2004), kimyasal bileşimin izotermal kakao yağı kristalizasyonu üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, farklı orijinlerde 20 farklı kakao yağındaki % oleik asit cinsinden serbest yağ asitliğinin en yüksek değer % 2,77 en düşük ise % 1,16 olarak saptamışlardır. Söz konusu kakao yağlarından iki farklı firmadan tedarik edilen Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağlarında serbest yağ asitliği % oleik asit cinsinden 2,18 ve 1,91 olarak bulunmuştur. Ekvador orijinli kakao yağının serbest yağ asitliği değeri ise % oleik asit cinsinden 1,18 olarak bulunmuştur. Söz konusu değerler çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

4.1.7. Peroksit Tayini

Farklı orijinlerde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının peroksit sayısı Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Peroksit sayısı ortalama değerleri Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Orijin	Peroksit Sayısı* (meq/kg yağ)
Ekvador	4,78±0,23 ^{a*}
Gana	3,91±0,04 ^b
Fildişi Sahilleri	6,92±0,05 ^c

*a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.8.'deki Tukey Çoklu karşılaştırma test sonucuna bakıldığında, ortalama peroksit değerleri (meq/kg yağ) 3,91±0,04 ile 6,92±0,05 arasında olup, en yüksek değer ortalama 6,92±0,05 meq/kg yağ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülürken, en düşük ortalama değer 3,91±0,04 meq/kg yağ ile Gana orijinli kakao yağında görülmüştür. Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağları peroksit sayısı (meq/kg yağ) açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0,05).

Zyzelewicz ve ark. (2014), Togo'da yetiştirilen Forastero çeşidi kakao çekirdeğinden ekstrakte edilen kakao yağının yağ asidi kompozisyonu ve oksidatif değişiklikleri üzerine kavurma koşullarının etkisini inceledikleri çalışmada, değişken hava hızları, değişken sıcaklıklar ve değişen nem koşulları altında kakao çekirdeklerinden ekstrakte edilen kakao yağlarında peroksit değerlerini 2,5 ile 20 meq/kg yağ arasındaki değişen değerlerde bulmuşlardır. Çalışmamız sonucunda bulunan peroksit değerleri ise ilgili çalışmada bulunan değerler arasında olup benzerlik göstermektedir.

4.2. Çikolatada Yapılan Analizler

4.2.1. Renk Analizleri

Görünüm, taze ve işlenmiş gıdaların, ürünlerin ve bunların pazarlamasının en önemli duyu kalite özelliklerinden biridir. Boyut, şekil, doku, kütle, parlaklık,

renk ve diğerlerini içeren her şeyi kapsayan bir terimdir. Gıda yüzeyinin rengi, tüketiciler tarafından değerlendirilen ilk kalite parametresidir ve ürün kabulü için kritik öneme sahiptir. Çoğunlukla yüzey rengiyle belirlenen gıda görünümü, tüketicinin gıdayı satın almak veya satın almaktan vazgeçmek için bir araç olarak algıladığı ve kullandığı ilk parametredir (Opara ve ark., 2012).

Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörü kullanılarak üretimi gerçekleştirilen sütlü ve bitter çikolataların L^* , a^* ve b^* değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları aşağıda bulunan Çizelge 4.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Üretimi yapılan sütlü çikolataların ortalama L^* , a^* ve b^* değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Orijin	L^* Değeri	a^* Değeri	b^* Değeri
Ekvador	40,28±0,09 ^{a*}	11,90±0,13 ^{a*}	20,38±0,18 ^{a*}
Gana	38,61±0,08 ^b	12,76±0,09 ^b	23,85±0,24 ^b
Fildişi Sahilleri	38,65±0,10 ^b	12,29±0,07 ^c	22,81±0,13 ^c

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.9.'daki Tukey Çoklu karşılaştırma test sonucuna bakıldığında, L^* değerleri sütlü çikolatalar için 38,61±0,08 ile 40,28±0,09 arasında olup, en yüksek L^* değeri 40,28±0,09 ile Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya, en düşük değer ise 38,61±0,08 ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya aittir. Bu durumda, birbirine kıyasla en açık renkli çikolata numunesi Ekvador orijinli likör ile üretilen sütlü çikolata numunesidir. En koyu çikolata numunesi ise Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolatadır. L^* değeri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata, Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen numune kendi aralarında istatistiksel olarak farklı (p<0,05) ve Gana orijinli likör kullanılarak üretilen numune ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen numune

kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). a^* değeri sütlü çikolata numunelerinde $11,90\pm0,13$ ile $12,76\pm0,09$ arasında değişmekte olup, en yüksek değer $12,76\pm0,09$ ile Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolataya, en düşük değer ise $11,90\pm0,13$ değeri ile Ekvador orijinli likör kullanılarak yapılan sütlü çikolataya aittir. a^* değeri açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). b^* değerleri sütlü çikolata numunelerinde $20,38\pm0,18$ ile $23,85\pm0,24$ arasında olup, en yüksek b^* değeri $23,85\pm0,24$ ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya, en düşük b^* değeri ise $20,38\pm0,18$ değeri ile Ekvador orijinli likör kullanılarak elde edilen sütlü çikolata numunesine aittir. b^* değeri açısından, Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen sütlü çikolatalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.10. Üretimi yapılan bitter çikolataların ortalama L^* , a^* ve b^* değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Orijin	L^* Değeri	a^* Değeri	b^* Değeri
Ekvador	$13,97\pm0,05^{a*}$	$10,89\pm0,01^{a*}$	$13,27\pm0,66^{a*}$
Gana	$16,32\pm0,05^b$	$10,81\pm0,06^a$	$14,17\pm0,41^{ab}$
Fildişi Sahilleri	$15,02\pm0,11^c$	$11,22\pm0,19^b$	$15,06\pm0,50^b$

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.10.'daki Tukey Çoklu karşılaştırma test sonucuna bakıldığında, L^* değerleri bitter çikolatalar için ortalama $13,97\pm0,05$ ile $16,32\pm0,05$ arasında olup, en yüksek değer $16,32\pm0,05$ ile Gana orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya, en düşük değer ise $13,97\pm0,05$ ile Ekvador orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya aittir. Bu durumda, birbirine kıyasla en açık renkli çikolata numunesi Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolata numunesidir. En koyu çikolata numunesi ise Ekvador orijinli likör ile üretilen sütlü çikolatadır. Bitter

çikolatalarda L* ortalama değerleri açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). a* değerleri ortalama olarak $10,81\pm0,06$ ile $11,22\pm0,19$ arasında olup, en yüksek değer $11,22\pm0,19$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya, en düşük değer ise $10,81\pm0,06$ ile Gana orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya aittir. a* ortalama değerleri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen çikolata numunesi ile Gana orijinli çikolata numunelerinde kendi arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Fildişi Sahilleri orijinli likörden üretilen çikolata numunesi ile Ekvador orijinli çikolata numunesi ve Fildişi Sahilleri orijinli likör ile üretilen numune ile Gana orijinli çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). b* ortalama değerleri $13,27\pm0,66$ ile $15,06\pm0,50$ arasında olup, en yüksek değer $15,06\pm0,50$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan çikolata numunesine aitken, en düşük değer ise $13,27\pm0,66$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan numuneye aittir. b* ortalama değerleri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi Gana orijinli numune ile, Gana orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata da Fildişi Sahilleri orijinli numune ile kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi ve Fildişi Sahilleri orijinli numune ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörleri kullanılarak üretilen bitter çikolataların hue açısı (h°) ve chroma (C^*) değerlerinin Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları aşağıda bulunan Çizelge 4.11. ve 4.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Üretimi yapılan sütlü çikolataların ortalama hue (h^0) ve chroma (C^*) değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Orijin	h^0	C^* Değeri
Ekvador	$1,04 \pm 0,01^{a*}$	$23,60 \pm 0,10^{a*}$
Gana	$1,08 \pm 0,01^b$	$27,05 \pm 0,21^b$
Fildişi Sahilleri	$1,08 \pm 0,01^b$	$25,91 \pm 0,13^c$

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Çizelge 4.12. Üretimi yapılan bitter çikolataların ortalama hue (h^0) ve chroma (C^*) değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Orijin	h^0	C^* Değeri
Ekvador	$0,88 \pm 0,03^{a*}$	$17,17 \pm 0,51^{a*}$
Gana	$0,93 \pm 0,03^a$	$17,82 \pm 0,34^a$
Fildişi Sahilleri	$0,92 \pm 0,01^a$	$18,78 \pm 0,29^b$

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

Çizelge 4.11 incelendiğinde, hue değerleri sütlü çikolatalarda ortalama $1,04 \pm 0,01$ ile $1,08 \pm 0,01$ değerleri arasında olup, en yüksek değer ortalama $1,08 \pm 0,01$ ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan sütlü çikolata numunesinde, en düşük değer ise ortalama $1,04 \pm 0,01$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan sütlü çikolata numunesinde görülmüştür. Hue açısı değerleri açısından Ekvador ve Gana ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen sütlü çikolatalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklı ($p < 0,05$) bulunmuşken, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen sütlü çikolatalar kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p > 0,05$) bulunmuştur. Aynı çizelgedeki kroma değerleri incelendiğinde ise, ortalama değerler $23,60 \pm 0,10$ ile $27,05 \pm 0,21$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $27,05 \pm 0,21$ ile Gana orijinli likör kullanılan sütlü çikolatada, en düşük değer ise ortalama $23,60 \pm 0,10$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan sütlü çikolata numunesinde görülmüştür. Üç farklı

orijinli (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörleri kullanılarak üretilen sütlü çikolataların kroma değerleri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.12 incelendiğinde, ortalama hue açısı değerleri $0,88\pm0,03$ ile $0,93\pm0,03$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $0,93\pm0,03$ ile Gana orijinli likör kullanılan bitterçikolata numunesinde, en düşük değer ise ortalama $0,88\pm0,03$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan bitter çikolata numunesinde görülmüştür. Hue açısı değerleri açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen bitter çikolatalar kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Aynı çizelgedeki kroma değerleri incelendiğinde ise, ortalama değerler $17,17\pm0,51$ ile $18,78\pm0,29$ arasında olup, en yüksek ortalama değer $18,78\pm0,29$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan bitter çikolata numunesinde, en düşük ortalama değer ise $17,17\pm0,51$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan bitter çikolata numunesinde görülmüştür. Ekvador ve Gana orijinli likörler kullanılarak üretimi yapılan bitter çikolatalar bu değer açısından kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p>0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen bitter çikolata numuneleri ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Test ve analiz sonuçlarında farklı coğrafi orijinlerde kakao likörleri kullanılarak üretimi yapılan ve diğer tüm girdileri aynı olan sütlü ve bitter çikolataların L^* , a^* ve b^* renk değerlerinde, h^0 ve C^* değerlerinde kendi aralarında benzerlikler ve farklılıklar olduğu görülmektedir. Ancak genel olarak bakıldığında renk değerlerinin sütlü ve bitter çikolatalarda kendi içerisindeki farkları, benzerliklerinden fazladır.

4.2.2. Tekstür Analizi

Doku parametreleri çikolatanın son derece önemli mekanik özelliklerindendir, çünkü bunlar tüketim sırasında ürünün duyuşal değerlendirmesi

ile yakından ilişkilidir ve ayrıca işleme sırasında reolojik davranışın tahmin edilmesine izin verir (Ostrowska-Ligeza ve ark., 2019).

Tüketici çikolatanın dokusunu özellikle kırılırken, çiğnerken (sertlik, mukavemet, erime davranışı, yapışkanlık) ve ufalanmış ve erimiş çikolatayı dil ile damak arasında tutarken (viskozite, düzgünlük, incelik ve dağınık katı parçacıkların algılanması) incelemektedir. Çikolatanın kalitesini değerlendirmek ve üretim sürecinin kontrolünü bu noktalar açısından optimize etmek için bu tekstür özelliklerinin objektif ölçümü önemlidir (Tscheuschner ve Markov,. 1985).

Çikolataların tekstürel yapısı, formülasyonunda kullanılan hammaddelerin türüne ve miktarına göre önemli ölçüde değişmektedir. Bunların arasında kakao yağı oranı ve kakao yağı ikamesi olan yağların formüldeki miktarı özel bir öneme sahiptir (Tscheuschner ve Markov, 1988)

Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri kakao likörü kullanılarak üretimi gerçekleştirilen sütlü ve bitter çikolataların tekstür analizlerine (üç noktalı bükme ve penetrasyon testleri) ait Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.13. ve Çizelge 4.14.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13.'deki Tukey çoklu karşılaştırma test sonucuna bakıldığında, sütlü çikolatalar için bükme kuvvetlerinin Newton cinsinden $21,94 \pm 3,24$ ile $23,23 \pm 3,23$ arasında olduğu görülmektedir. Sonuçların da gösterdiği gibi cihaz, Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan sütlü çikolata için daha fazla kuvvet harcamışken, en az kuvveti Ekvador orijinli likör kullanılan sütlü çikolata için harcamıştır. Penetrasyon testi sonucunda sertlik değerleri Newton cinsinden $20,24 \pm 1,79$ ile $22,33 \pm 7,03$ değerleri arasında olup, en sert bulunan numune Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan numune iken, en yumuşak bulunan numune Gana orijinli likör kullanılan çikolata numunesidir. Sütlü çikolatalarda bükme testi ve penetrasyon testi sonuçları açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likör numuneleri kullanılarak üretilen sütlü çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0,05$).

Çizelge 4.13. Sütü çikolatalarda bükme ve penetrasyon testleri için Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Orijin	Bükme Kuvveti (N)	Sertlik (N)
Ekvador	21,94±3,24 ^{a*}	21,86±3,08 ^{a*}
Gana	22,97±6,14 ^a	20,24±1,79 ^a
Fildişi Sahilleri	23,23±3,23 ^a	22,33±7,03 ^a

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.14.'deki Tukey Çoklu karşılaştırma test sonucuna bakıldığında bitter çikolatalarda üçlü bükme kuvveti ortalama değerleri 23,01±2,10 ile 24,33±3,82 arasındadır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere cihaz Ekvador orijinli numune için daha fazla kuvvet harcamışken, en düşük kuvvet ise Fildişi Sahilleri için harcanmıştır. Test sonuçlarına göre Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli numuneler istatistiksel olarak benzer bulunmuştur (p>0,05). Penetrasyon testi sonucunda sertlik değerleri Newton cinsinden 23,49±1,28 ile 27,59±1,84 arasında bulunmuştur. S onuçlar, en sert numunenin Gana orijinli likör kullanılan bitter çikolata, en yumuşak numunenin ise Ekvador orijinli likör kullanılan bitter çikolata numunesi olduğunu göstermektedir. Penetrasyon testi sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi kendi aralarında benzer bulunmuştur (p>0,05). Ekvador ve Gana orijinli likörlerden üretilen bitter çikolatalar ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerden üretilen bitter çikolata numuneleri kendi aralarında farklı bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.14. Bitter çikolatalarda Bükme ve Penetrasyon Testleri için Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Orijin	Bükme Kuvveti (N)	Sertlik (N)
Ekvador	24,33±3,82 ^{a*}	23,49±1,28 ^{a*}
Gana	24,25±6,23 ^a	27,59±1,84 ^b
Fildişi Sahilleri	23,01±2,10 ^a	23,91±1,08 ^a

*Sütunlara göre a-c ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Siow ve ark. (2017), kakao yağı ikamesi (CBS) ile yapılan bitter çikolataların fiziksel, reolojik ve duyuşsal özellikleri ve çiçek oluşumunu inceledikleri çalışmada, bitter çikolata numunelerinin sertliği penetrasyon testi ile ölçülmüştür. 24 °C'de kakao yağı kullanılan çikolatanın sertliği yaklaşık 13 N göstermiştir. 5 g CBS/100 g çikolata karışımı için benzer sertlik değeri gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kakao yağı ile yapılan çikolata ve 5 g CBS/100 g çikolata karışımına kıyasla %20 CBS' li çikolatanın sertliği önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur.

De Clercq ve ark. (2012), kakao yağı rafinasyonunun sütlü çikolata kalitesine etkisini inceledikleri çalışmada, çikolata numunelerine tekstür analizi olarak uyguladıkları üçlü bükme testi sonucunda hazırlanan çikolata numuneleri arasında bükme kuvvetleri açısından istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir.

Test ve analiz sonuçlarına göre, farklı orijinlerde kakao likörleri kullanılarak hazırlanan ve diğer tüm girdileri aynı formülasyonda olan sütlü ve bitter çikolatalarda tekstürel olarak bazı benzerlikler ve farklılıklar olduğu görülmektedir.

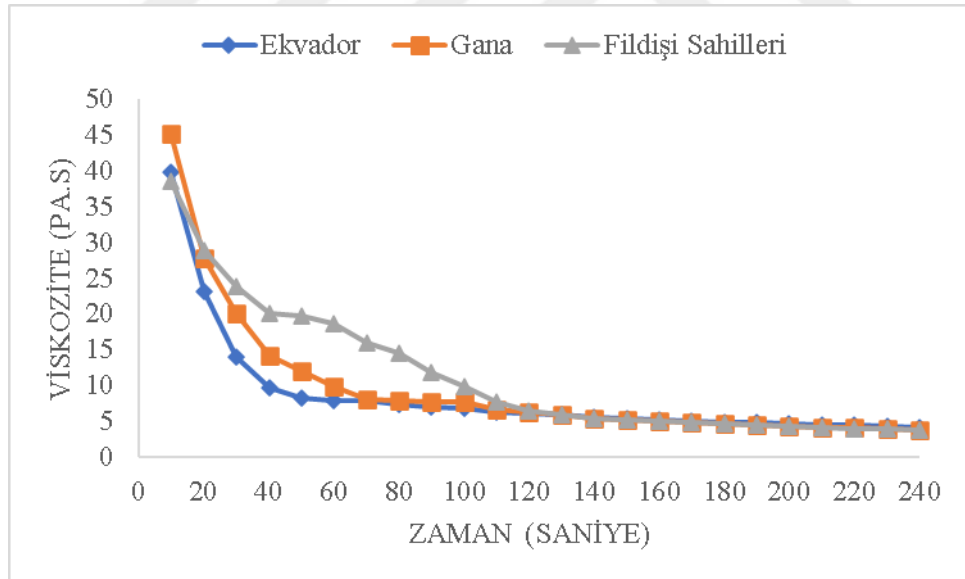
4.2.3. Reoloji Analizi

Çikolata akış davranışı hem ürün kalitesi hem de süreç açısından önemlidir. Çikolatanın akış özellikleri, viskozite, kıvam ve ağızda bıraktığı his gibi parametreler üzerindeki etkisinden dolayı nihai ürün kalitesi ve stabilitesi üzerinde

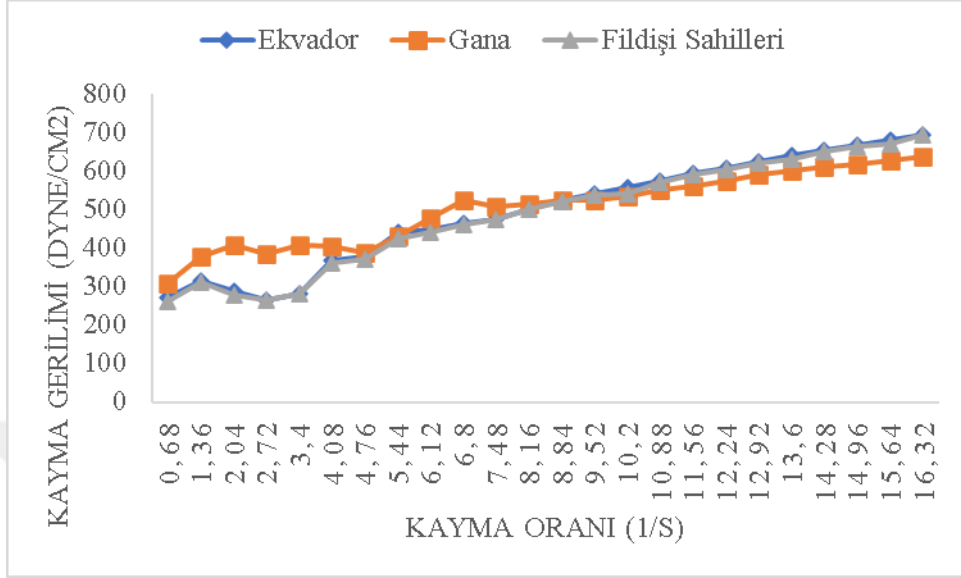
önemli bir etkiye sahiptir. Reolojik özellikler, çikolatanın ağız boşluğundaki davranışını ve ağızdaki hissini etkiler ve ayrıca ağızdaki aroma algısında değişikliklere neden olabilir, bu nedenle kalite ile doğrudan ilişkilidir (Konar ve ark., 2021).

Reolojik özellikler, esas olarak nihai tekstürü ve çikolatanın erime profilini etkileyen ve aynı zamanda endüstride proses üzerinde önemli bir rol oynayan partikül boyutu dağılımı ve içerik bileşiminden etkilenmektedir (Lannes ve Gonçalves, 2010).

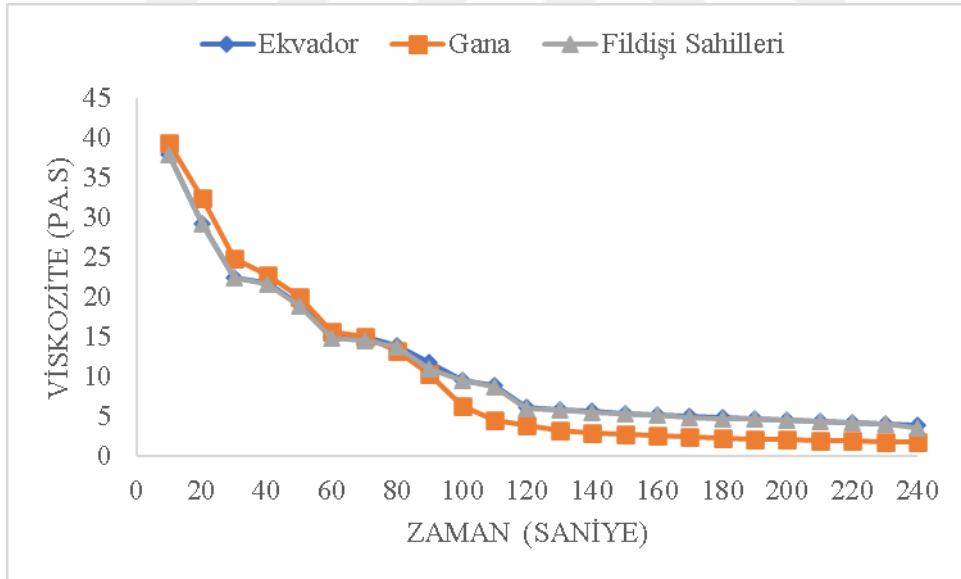
Üç farklı orijinde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörü kullanılarak üretilen sütü ve bitter çikolataların viskozite-zaman ve kayma gerilmesi-kayma oranı grafikleri Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.



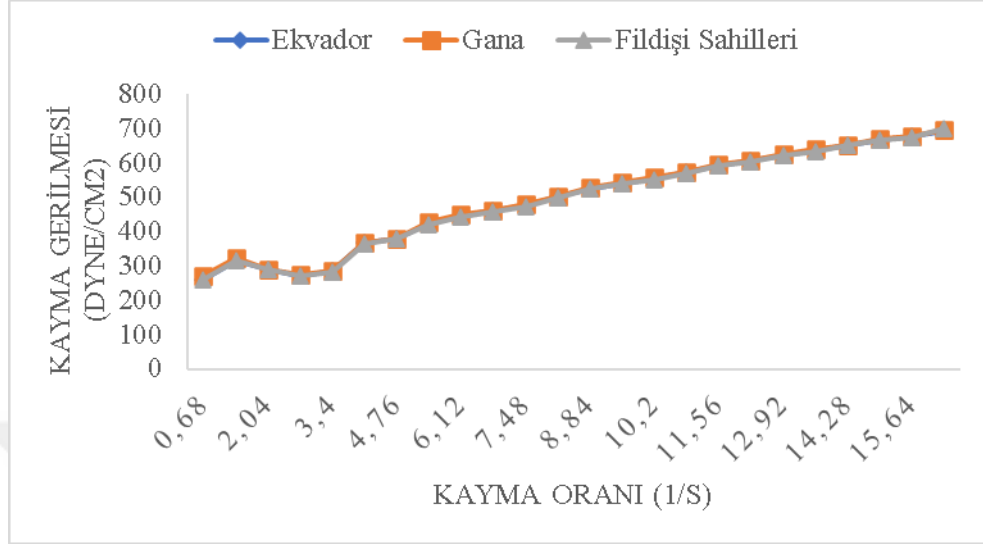
Şekil 4.2. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen sütü ve bitter çikolatalara ait viskozite-zaman grafiği



Şekil 4.3. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen sütü çikolatalara ait Kayma Gerilimi-Kayma Oranı grafiği



Şekil 4.4. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen bitter çikolatalara ait viskozite-zaman grafiği



Şekil 4.5. Üç farklı orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen bitter çikolatalara ait Kayma Gerilmesi-Kayma Oranı grafiği

Şekiller incelendiğinde, sütlü çikolata numunelerinde viskozite değerleri Pa.s cinsinden $38,48 \pm 0,19$ ile $40,22 \pm 4,28$ arasında olup, en yüksek viskozite değeri $40,22 \pm 4,28$ ile Gana orijinli likör kullanılarak hazırlanan sütlü çikolataya, en düşük viskozite değeri ise $38,48 \pm 0,19$ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörü kullanılarak üretilen sütlü çikolataya aittir. Bitter çikolata numunelerinde yapılan reoloji analizi sonucunda viskozite değerleri Pa.s cinsinden $37,46 \pm 0,48$ ile $38,52 \pm 0,86$ arasında olup, en yüksek viskozite değeri $38,52 \pm 0,86$ ile Gana orijinli likör ile yapılan bitter çikolataya, en düşük viskozite değeri ise $37,46 \pm 0,48$ ile Ekvador orijinli likör kullanılarak hazırlanan bitter çikolataya aittir. Analiz sonuçların bakıldığında, Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak yapılan sütlü ve bitter çikolata numuneleri, viskozite açısından kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0,05$).

Glicerina ve ark., (2016) beyaz, bitter ve sütlü çikolataların mikro yapısı ve reolojik özelliklerini karşılaştırdıkları çalışma sonucunda, Pa.s biriminde beyaz çikolataların en düşük viskozite değeri, bitter ve sütlü çikolataların ise beyaz

çikolataya oranla daha yüksek viskozite değerleri aldığını göstermiştir. Sıtlı ve bitter çikolataların ise kendi aralarında karşılaştırıldığında, sıtlı çikolataların bitter çikolatalara göre daha düşük viskozite değeri aldığını belirtmiştir. Bu çalışmanın aksine, çalışmamızda her üç kakao liköründen üretilen çikolatalar için viskozite değerleri (Pa.s) sıtlı çikolatalarda, bitter çikolatalara göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda ise bu çalışmanın aksine, bitter çikolataların viskozite değerleri, sıtlı çikolatalara göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Siow ve ark. (2017), kakao yağı ikamesi (CBS) ile yapılan bitter çikolataların fiziksel, reolojik ve duyusal özellikleri ve çiçek oluşumunu inceledikleri çalışmada, kayma oranı kademeli olarak arttığında, buna bağılı olarak viskozitesi azalırken akma gerilimi de artmıştır. Çalışmamızda da buna benzer grafikler elde edilmiştir.

Çikolatanın fiziksel özellikleri, reolojik davranışı ve duyusal algısı, büyük ölçüde işleme tekniklerinden, parçacık boyutu dağılımından ve çikolatanın bileşiminden etkilenir (Afoakwa ve ark., 2007).

Afoakwa ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada vermiş oldukları sonucun aksine, elde edilen sonuçlar ve grafikler incelendiğinde kakao liköründe orijin değışikliğinin sıtlı ve bitter çikolatalarda reoloji üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.



5. SONUÇ

Tedarik edilen üç farklı coğrafi orijinli kakao likörlerinde nem değerleri ortalama $0,23 \pm 0,03$ ile $1,10 \pm 0,21$ arasında değişmiş, en yüksek ortalama nem içeriği $1,10 \pm 0,21$ değeri ile Ekvador orijinli likörde, en düşük nem değeri ise $0,23 \pm 0,03$ değeri ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülmüştür. Kakao likörlerinin nem değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Kakao yağı miktarı analizi sonucunda kakao yağ miktarları $52,56 \pm 0,06$ ile $53,54 \pm 0,10$ aralığında yer almaktadır. En yüksek ortalama değer $53,54 \pm 0,10$ ile Gana orijinli likörde bulunmuşken, en düşük değer ise $52,56 \pm 0,06$ ile Ekvador orijinli likörde bulunmuştur. Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin kakao yağı oranlarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ($p < 0,05$).

Yapılan analizler sonucunda üç farklı coğrafi orijindeki kakao likörlerinde L^* ortalama değerleri $13,36 \pm 0,07$ ile $14,85 \pm 0,02$ arasında yer almış, en yüksek L^* değeri $14,85 \pm 0,02$ ile Gana orijinli likörde, en düşük L^* değeri ise $13,36 \pm 0,07$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde olduğu görülmüştür. Kakao likörleri L^* değeri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). a^* ortalama değerleri $14,75 \pm 0,14$ ile $15,09 \pm 0,06$ arasında yer almış, en yüksek değer $15,09 \pm 0,06$ ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde, en düşük a^* değeri ise $14,75 \pm 0,14$ Gana orijinli likörde görülmüştür. a^* değerleri Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). b^* ortalama değerleri $16,35 \pm 0,20$ ile $17,47 \pm 0,58$ arasında yer almış, en yüksek b^* değeri $17,47 \pm 0,58$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde görülürken, en düşük b^* değeri ise $16,35 \pm 0,20$ ile Ekvador orijinli likörde görülmüştür. b^* değerleri, Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin istatistiksel olarak kendi aralarında benzer ($p > 0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi

aralarında farklı ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda çıkan verilere göre L^* değerleri her üç likör için istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). a^* değerleri Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler arasında benzer ($p>0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise a^* değeri açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). b^* değerlerine bakıldığında ise, Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin istatistiksel olarak kendi aralarında benzer ($p>0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında farklı ($p<0,05$) olduğu görülmüştür.

Kakao likörlerinde hue açısı değerleri ortalama $0,82\pm0,01$ ile $0,86\pm0,01$ arasında olup, en yüksek değer $0,86\pm0,01$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörde, en düşük değer ise $0,82\pm0,01$ ile Ekvador orijinli likörde bulunmuştur. Hue açısı (h°) değerleri açısından Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak birbirinden farklı ($p<0,05$), Ekvador ile Gana ve Gana ile Fildişi Sahilleri orijinli likörler ise kendi aralarında istatistiksel olarak benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Analiz sonucunda kroma (C^*) değerleri ortalama $14,75\pm0,14$ ile $15,09\pm0,06$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $15,09\pm0,06$ ile Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerde görülmüştür. En düşük değer ise $14,75\pm0,14$ ile Gana orijinli likörde görülmüştür. Kroma değerleri (C^*) açısından ise Ekvador ve Gana orijinli likörler ile Fildişi Sahilleri ve Gana orijinli likörlerin kendi aralarında istatistiksel olarak farklı ($p<0,05$), Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerin ise istatistiksel olarak kendi aralarında benzer oldukları bulunmuştur.

Üç farklı coğrafi orijindeki kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının katı yağ miktarlarına (SFC) bakıldığında Ekvador orijinli likörden elde edilen kakao yağının erimeye başladığı sıcaklık $14,24^\circ\text{C}$, tamamen sıvı hale geçtiği sıcaklık ise 36°C olarak bulunmuştur. Gana orijinli kakao yağına bakıldığında erime başlangıç noktasının $15,46^\circ\text{C}$, tamamen eridiği sıcaklık değerinin ise 36°C olduğu görülmüştür. Fildişi orijinli kakao yağında ise bu değerler sırasıyla $15,04^\circ\text{C}$ ve 36°C olarak kaydedilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, her üç yağ için de

tamamen erime sıcaklığı 36°C olduğu görülmektedir.

C18:0 (stearik asit) miktarları, 34,92±0,47 ile 37,17±0,11 arasında olup, en yüksek değer ortalama 37,17±0,11 ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında, en düşük değer ise 34,92±0,47 ile Gana orijinli kakao yağında görülmüştür. Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli olanlarda C18:0 (stearik asit) açısından kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken ($p>0,05$), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

C18:1 (oleik asit) miktarları, 32,36±0,28 ile 32,58±0,11 arasında olup, en yüksek değer ortalama 32,58±0,11 ile Ekvador orijinli kakao yağında, en düşük değer ise ortalama 32,36±0,28 ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülmüştür. C18:1 (oleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

C16:0 (palmitik asit) miktarları, 26,16±0,30 ile 28,66±0,35 arasında olup, en yüksek değer ortalama 28,66±0,35 ile Gana orijinli kakao yağında, en düşük değer ise 26,16±0,30 ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülmüştür. C16:0 (palmitik asit) açısından Ekvador ve Fildişi Sahilleri orijinli olanlarda kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmazken ($p>0,05$), Ekvador ve Gana orijinli likörler ve Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

C18:2 (linoleik asit) miktarları, 2,78±0,10 ile 2,87±0,06 arasında olup, en yüksek değer ortalama 2,87±0,06 ile Gana orijinli kakao yağında, en düşük değer ise 2,78±0,10 ile Ekvador orijinli kakao yağında görülmüştür. C18:2 (linoleik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

C18:3 n-6 (γ -linolenik asit) miktarları, 1,07±0,08 ile 1,16±0,06 arasında olup, en yüksek değer ortalama 1,16±0,06 ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında, en düşük değer ise ortalama 1,07±0,08 ile Gana orijinli kakao liköründe görülmüştür. C18:3 n-6 (γ -linolenik asit) açısından her üç kakao yağı numunesi

için de kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Farklı orijinlerde (Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri) kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağlarının serbest yağ asitliği tayini Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi en yüksek yağ asidi miktarı $\% 2,60\pm0,07$ ile Ekvador orijinli kakao liköründe, en düşük ise $1,62\pm0,04$ ile Gana orijinli kakao liköründe bulunmuştur. Tukey Çoklu karşılaştırma test sonucularına göre Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağları serbest yağ asitlikleri ($\% \text{oleik asit}$) değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Kakao yağlarında yapılan peroksit analizinde ortalama peroksit değerleri (meq/kg yağ) $3,91\pm0,04$ ile $6,92\pm0,05$ arasında olup, en yüksek değer ortalama $6,92\pm0,05$ meq/kg yağ ile Fildişi Sahilleri orijinli kakao yağında görülürken, en düşük ortalama değer $3,91\pm0,04$ meq/kg yağ ile Gana orijinli kakao yağında görülmüştür. Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao likörlerinden ekstrakte edilen kakao yağları peroksit sayısı (meq/kg yağ) açısından kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

L^* değerleri sütlü çikolatalar için $38,61\pm0,08$ ile $40,28\pm0,09$ arasında olup, en yüksek L^* değeri $40,28\pm0,09$ ile Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya, en düşük değer ise $38,61\pm0,08$ ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya aittir. Bu durumda, birbirine kıyasla en açık renkli çikolata numunesi Ekvador orijinli likör ile üretilen sütlü çikolata numunesidir. En koyu çikolata numunesi ise Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolatadır. L^* değeri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata, Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen numune kendi aralarında istatistiksel olarak farklı ($p<0,05$) ve Gana orijinli likör kullanılarak üretilen numune ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen numune kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). a^* değeri sütlü çikolata numunelerinde $11,90\pm0,13$ ile $12,76\pm0,09$ arasında değişmekte olup, en

yüksek değer $12,76 \pm 0,09$ ile Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolataya, en düşük değer ise $11,90 \pm 0,13$ değeri ile Ekvador orijinli likör kullanılarak yapılan sütlü çikolataya aittir. a^* değeri açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). b^* değerleri sütlü çikolata numunelerinde $20,38 \pm 0,18$ ile $23,85 \pm 0,24$ arasında olup, en yüksek b^* değeri $23,85 \pm 0,24$ ile Gana orijinli likör kullanılarak üretilen sütlü çikolataya, en düşük b^* değeri ise $20,38 \pm 0,18$ değeri ile Ekvador orijinli likör kullanılarak elde edilen sütlü çikolata numunesine aittir. b^* değeri açısından, Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen sütlü çikolatalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

L^* değerleri bitter çikolatalar için ortalama $13,97 \pm 0,05$ ile $16,32 \pm 0,05$ arasında olup, en yüksek değer $16,32 \pm 0,05$ ile Gana orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya, en düşük değer ise $13,97 \pm 0,05$ ile Ekvador orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya aittir. Bu durumda, birbirine kıyasla en açık renkli çikolata numunesi Gana orijinli likör ile üretilen sütlü çikolata numunesidir. En koyu çikolata numunesi ise Ekvador orijinli likör ile üretilen sütlü çikolatadır. Bitter çikolatalarda L^* ortalama değerleri açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörler kullanılarak üretilen çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). a^* değerleri ortalama olarak $10,81 \pm 0,06$ ile $11,22 \pm 0,19$ arasında olup, en yüksek değer $11,22 \pm 0,19$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya, en düşük değer ise $10,81 \pm 0,06$ ile Gana orijinli likörün kullanıldığı bitter çikolataya aittir. a^* ortalama değerleri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen çikolata numunesi ile Gana orijinli çikolata numunelerinde kendi arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Fildişi Sahilleri orijinli likörden üretilen çikolata numunesi ile Ekvador orijinli çikolata numunesi ve Fildişi Sahilleri orijinli likör ile üretilen numune ile Gana orijinli çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel

olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). b^* ortalama değerleri $13,27\pm0,66$ ile $15,06\pm0,50$ arasında olup, en yüksek değer $15,06\pm0,50$ ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan çikolata numunesine aitken, en düşük değer ise $13,27\pm0,66$ ile Ekvador orijinli likör kullanılan numuneye aittir. b^* ortalama değerleri açısından Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi Gana orijinli numune ile, Gana orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata da Fildişi Sahilleri orijinli numune ile kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi ve Fildişi Sahilleri orijinli numune ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli kakao kitleleri kullanılarak üretilen sütlü ve bitter çikolatalarda tekstürel analizler olarak üçlü bükme testi ve penetrasyon testi uygulanmıştır. Sütlü çikolatalar için bükme kuvvetlerinin Newton cinsinden $21,94\pm3,24$ ile $23,23\pm3,23$ arasında olduğu görülmektedir. Sonuçların da gösterdiği gibi cihaz, Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan sütlü çikolata için daha fazla kuvvet harcamışken, en az kuvveti Ekvador orijinli likör kullanılan sütlü çikolata için harcamıştır. Penetrasyon testi sonucunda sertlik değerleri Newton cinsinden $20,24\pm1,79$ ile $22,33\pm7,03$ değerleri arasında olup, en sert bulunan numune Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılan numune iken, en yumuşak bulunan numune Gana orijinli likör kullanılan çikolata numunesidir. Sütlü çikolatalarda bükme testi ve penetrasyon testi sonuçları açısından Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likör numuneleri kullanılarak üretilen sütlü çikolata numuneleri kendi aralarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

Bitter çikolatalarda üçlü bükme kuvveti ortalama değerleri $23,01\pm2,10$ ile $24,33\pm3,82$ arasındadır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere cihaz Ekvador orijinli numune için daha fazla kuvvet harcamışken, en düşük kuvvet ise Fildişi Sahilleri için harcanmıştır. Test sonuçlarına göre Ekvador, Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli numuneler istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Penetrasyon testi

sonucunda sertlik değerleri Newton cinsinden $23,49 \pm 1,28$ ile $27,59 \pm 1,84$ arasında bulunmuştur. S sonuçlar, en sert numunenin Gana orijinli likör kullanılan bitter çikolata, en yumuşak numunenin ise Ekvador orijinli likör kullanılan bitter çikolata numunesi olduğunu göstermektedir. Penetrasyon testi sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Ekvador orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata ile Fildişi Sahilleri orijinli likör kullanılarak üretilen bitter çikolata numunesi kendi aralarında benzer bulunmuştur ($p > 0,05$). Ekvador ve Gana orijinli likörlerden üretilen bitter çikolatalar ile Gana ve Fildişi Sahilleri orijinli likörlerden üretilen bitter çikolata numuneleri kendi aralarında farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Üç farklı coğrafi orijinde kakao likörü kullanılarak üretilen sütü ve bitter çikolataların reoloji sonuçları incelendiğinde, viskozite-zaman grafiğinde beklendiği gibi viskozitenin zamanla düştüğü görülmüştür. Hem sütü hem de bitter çikolatalarda viskozite zamana karşı azalmaktadır. Üç farklı orijinli kakao likörü kullanılarak üretilen çikolatalarda viskoziteler, benzerlik göstermektedir.

Yapılan tüm analizler göz önünde bulundurulduğunda, kakao liköründeki coğrafi orijin farklılığının, çikolataların tekstürel ve reolojik özelliklerini farklılaştırmadığı görülmektedir. Bu araştırmanın sonucunda, kakao likörü orijin değişikliğinde fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal değerlendirmelerin yanı sıra organoleptik değerlendirme ve aroma profili analizlerinin de yapılması gerektiği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Adewale, FJ., 2017. Selecting the most appropriate model for rheological characterization of synthetic based drilling mud. *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, 18, 7614-7629.
- Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M., 2007. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate-a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 290-298.
- Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M., Vieira, J., 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87, 181-190.
- Afoakwa, E., 2010. *Chocolate Science and Technology*. John Wiley & Sons Ltd, Singapur, 275s.
- Anonim, 2014. Yağlarda Serbest Asitlik Tayini. Available online: <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/DGBZAJ010.-hafta--serbest-asit-ve-peroksit-sayisi.pdf> (accessed on 12 May 2021)
- Anonim, 2014b. Yağlarda Peroksit Sayısı (PS) Tayini. Available online: <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/DGBZAJ06.-hafta-yaglarda-peroksit-sayisi-tayini-1.pdf> (accessed on 12 May 2021)
- Anonim, 2017. Brookfield Viscosity Application Note: Chocolate. Available online: <https://www.brookfieldengineering.com/brookfield-university/learning-center/application-notes/viscosity-applications/food/chocolate> (accessed on 20 February 2021)
- Anonim, 2020a. The Top Cocoa-Producing Countries. Available online: <https://www.worldatlas.com/articles/top-10-cocoa-producing-countries.html> (accessed on 12 February 2021)
- Anonim, 2020b (Türk Gıda Kodeksi, 2017). Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği, Vol. 2017/29, Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Ankara

- AOAC, 1999. Analytical Methods, Moisture Content, 124.
- Beckett, ST., 2008. The Science of Chocolate, The Royal Society of Chemistry, UK, 240s.
- Briones, V., Aguilera, JM., 2005. Image analysis of changes in surface color of chocolate. Food Research International, 38, 87-94.
- Dand, R., 2011. Quality assessment of cocoa beans for international trade. The International cocoa trade, 219-267.
- De Clercq, N., Moens, K., Depypere, F., Ayala, J.V., Calliauw, G., De Greyt, W., Dewettinck, K., 2012. Influence of cocoa butter refining on the quality of milk chocolate. Journal of Food Engineering, 111(2), 412-419.
- De Graef, V., Depypere, F., Minnaert, M., Dewettinck, K., 2011. Chocolate yield stress as measured by oscillatory rheology. Food Research International 44, 2660-2665.
- Engeseth, NJ., Lee, SY., Andrae-Nightingale, LM., 2009. Textural changes in chocolate characterized by instrumental and sensory techniques. Journal of Texture Studies, 40, 427-444.
- Foubert, I., Vanrolleghem, P.A., Thas, O., Dewettinck, K., 2004. Influence of Chemical Composition on the Isothermal Cocoa Butter Crystallization. Journal of Food Science, 69 (9), 478-487.
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rossa, M., Romani, S., 2016. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: a comparative study. Journal of Food Engineering, 169, 165-171.
- Hernandez, CV., Rutledge, DN., 1994. Characterization of cocoa masses: low resolution pulse NMR study
- Itle, RA., Kabelka, EA., 2009. Correlation between L*a*b* color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). HortScience, 44 (3), 633-637.

- Joye, DD., 2003. Shear rate and viscosity corrections for a Casson fluid in cylindrical (Couette) geometries. *Journal of Colloid and Interface Science*, 267, 204-210.
- Kamphuis, HJ., 2017. Production of cocoa mass, cocoa butter and cocoa powder (MS. Fowler editor). *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 5. Baskı, John Wiley & Sons Ltd., UK, s.62-67.
- Klinkesorn, U., Sirisompong, W., Jirapakkul, W., 2011. Response surface optimization and characteristics of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) kernel fat by hexane extraction. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 1946-1951.
- Konar, N., Özhan, B., Artık, N., Dalabasmaz, S., Poyrazoğlu, ES., 2013. Rheological and physical properties of inulin-containing milk chocolate prepared at different process conditions. *CyTA- Journal of Food*, 12 (1), 55-64.
- Konar, N., Toker, O.S., Pirouzian, H.R., Palabıyık, İ., 2021. Chocolate flow behavior: composition and process effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: 10.1080/10408398.2021.1993782.
- Lannes, SC., Gonçalves, EV., 2010. Chocolate Rheology, *Cienc. Technol. Aliment.*, 30 (4), 845-851.
- Lonchampt, P., Hartel, RW., 2004. Fat bloom in chocolate and compound coatings. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106, 241-274.
- Manley, D., 2011. *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing, 4. Baskı, ABD, 588s.
- Naik, B., Kumar, V., 2014. Cocoa butter and its alternatives: A review. *Journal of Bioresource Engineering and Technology*, 1, 7-17.
- Opara, U.L., Pathare, P.B., Al Said, F.A.J., 2012. Color measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol*, s11947-012-0867-9

- Ostrowska-Ligeza, E., Marzec, A., Gorska, A., Wirkowska-Wojdyla, M., Brys, J., Rejch, A., Czarkowska, K., 2019. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta*, 671, 60-69.
- Ribeiro, A.P.B., Basso, R.C., Grimaldi, R., Gioielli, L.A., Gonçalves, L.A.G., 2009. Effect of chemical interesterification on physicochemical properties and industrial applications of canola oil and fully hydrogenated cottonseed oil blends. *Journal of Food Lipids*, 16, 362-381.
- Ribeiro, A.P.B., da Silva, R.C., Gioielli, L.A., Gonçalves, M.I.A., Grimaldi, R., Gonçalves, L.A.G., Kiebusch, T.G., 2012. Physico-chemical properties of Brazilian cocoa butter and industrial blends. Part I - Chemical composition, solid fat content and consistency. *Grasas y Acetias*, 63 (1), 79-88.
- Siow, L.F., Biswas, N., Cheow, Y.L., Tan, C.P., 2017. Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT-Food Science and Technology*, 82, 420-428.
- Song, H., Liu, M., Liu, J., He, C., Liu, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Guo, J., Yang, H., Su, X., 2017. Characterization and comparison of key aroma -active compounds of cocoa liquors from five different areas. *International Journal of Food Properties*, 20 (10), 2396-2408.
- Speers, RA., Wilson, LL., Tung, MA., 1993. Yield stress in molten chocolates. *Journal of Texture Studies*, 24, 269-286.
- Torres-Moreno, M., Tarrega, A., Costell, E., Blanch, C., 2012. Dark chocolate acceptability: influence of cocoa origin and processing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (2), 404-411.
- Tran, P.D., Van Durme, J., Van de Valle, D., De Winne, A., Delbaere, C., De Clercq, N., Phan, T.T.Q., Nguyen, C.H.P., Tran, D.N., Dewettinck, K., 2016. Quality attributes of dark chocolates produced from Vietnamese Cocoa Liquors. *Journal of Food Quality*, 39 (4), 311-322.

- Tscheuschner, HD., Markov, E., 1985. Instrumental texture studies on chocolate 1. Methods of measurement and texture characteristics. *Journal of Texture Studies*, 17, 37-50.
- Tscheuschner, HD., Markov, E., 1988. Rheological properties of chocolate masses and chocolate (H. Giesekus editor). *Progress and Trends in Rheology*, 1st edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Darmstadt, s.451-453.
- Tscheuschner, HD., Markov, E., 1988. Instrumental texture studies on chocolate 2. Compositional factors influencing texture. *Journal of Texture Studies*, 20, 335-345.
- Tuenter, E., Delbaere, C., De Winne, A., Bijttebier, S., Custers, D., Foubert, K., Van Durme, J., Messens, K., Dewettinck, K., Pieters, L., 2020. Non-volatile and volatile composition of West African bulk and Ecuadorian fine-flavor cocoa liquor and chocolate. *Food Research International* 130 (2020) 108943.
- Wolf, B., 2017. *Chocolate Flow Properties* (S.T. Beckett editor). Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use, 5. Baskı, John Wiley & Sons Ltd., UK, s.274.
- Yanık, D., Keskin, H., Fadiloğlu, S., Göğüş, F., 2016. Acidolysis of terebinth fruit oil with palmitic and caprylic acids in a recirculating packed bed reactor: optimization using response surface methodology. *Grasas Aceites*, 67 (2).
- Zyzelewicz, D., Kryslak, W., Nebesny, E., Budryn, G., 2013. Applications of various methods for determination of the color of cocoa beans roasted under variable process parameters. *Eur Food Res Technol*, 238, 549-563.
- Zyzelewicz, D., Budryn, G., Krysiak, W., Oracz, J., Nebesny, E., Bojczuk, M., 2014. Influence of roasting conditions on fatty acid composition and oxidative changes of cocoa butter extracted from cocoa bean of Forastero variety cultivated in Togo. *Food Research International*, 63, 328-343.



ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Adana ve Gaziantep'te tamamladı, 2016 yılında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu ve yine aynı bölümde yüksek lisansını tamamladı.

Profesyonel mesleki kariyerine 2018 yılında Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş.' de Ar-Ge Uzman Yardımcısı olarak başladı, sonrasında ise Beşsan Makarna Gıda San. ve Tic. A.Ş. 'de Kalite Güvence ve Ar-Ge Uzmanı olarak kariyerine devam etdi. Şu anda Gaziantep ili Nizip ilçesinde, Ceremony Gıda San. ve Tic. A.Ş. 'de Kalite Güvence Müdürlüğü görevini yürütmekte olan Onur ÖZDEMİR, evli ve bir çocuk babasıdır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.