T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI GIDALARDA 5-HMF DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ ve RİSKLİ BULUNAN GIDALARIN 5-HMF İÇERİĞİNİN FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK AZALTILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Ömer Said TOKER

Danışman
Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBY-11-3613 kodlu proje ile desteklenmiştir

Ocak 2012
KAYSERİ

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ömer Said TOKER

"Farklı Gıdalarda 5-HMF Düzeyinin Belirlenmesi ve Riskli Bulunan Gıdaların 5-HMF İçeriğinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Azaltılma Olanaklarının Araştırılması" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Ömer Said TOKER

Danışman

Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mehmet HAYTA

Doç. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında Ömer Said TOKER tarafından hazırlanan **''Farklı Gıdalarda 5-HMF Düzeyinin Belirlenmesi ve Riskli Bulunan Gıdaların 5-HMF İçeriğinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Azaltılma Olanaklarının Araştırılması''** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

05/01/2012

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye : Doç. Dr. Kemal SARIOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan YALÇIN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 10/01/2012 tarih ve 2012/02-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

10/01/2012

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Akademisyenliği ve başarısı ile her zaman değer verdiğim hocam Sayın Doç. Dr. Mahmut Doğan'a, tezin yapım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Tahsin Yılmaz'a, Sayın Doç. Dr. Kemal Sarıoğlu'na ve Sayın Dr. Rasim Alper Oral'a;

İhtiyaç duyduğumda, her türlü maddi ve manevi destekleriyle katkıda bulunan Sayın Arş. Gör. Safa Karaman'a ve Sayın Arş. Gör. İsmet Öztürk'e;

Bölümü bu seviyeye getirip bizlere her türlü imkanı sunan ve her türlü konuda bizden desteklerini esirgemeyen Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Hasan Yetim'e, Sayın Prof. Dr. Mehmet Hayta'ya, Sayın Doç. Dr. Ahmet Kayacıer'e, Sayın Doç. Dr. Osman Sağdıç'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan Yalçın'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Çam'a;

Stajyer öğrencilerimden Nevruz Berna Ersöz'e;

Bu tezi FBY-11-3613 proje kodu ile destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunuyorum.

Ömer Said TOKER
Ocak-2012

FARKLI GIDALARDA 5-HMF DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ ve RİSKLİ BULUNAN GIDALARIN 5-HMF İÇERİĞİNİN FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK AZALTILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ömer Said TOKER
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2012
Danışman: Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

ÖZET

Tez çalışmasının birinci kısmında, farklı markalardaki süt ürünlerinin (dondurma, peynir), et ürünlerinin (sucuk, sosis, salam, hazır döner), tahıl ürünlerinin (bisküvi, hazır kek), farklı çikolataların, toz gıdaların (hazır çorba, hazır tatlılar, hazır sıcak çikolata, hazır kapuçino ve salep), farklı cips örneklerinin, gazlı içeceklerin ve lokum benzeri ürünlerin 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Araştırmamızda karamel içeren örneklerin (karamelli dondurma, çikolata, bisküvi, kek) ve lokum örneklerinin 5-HMF miktarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ise karamel ortamı model olarak seçilmiştir. İlk olarak farklı şeker (glukoz, sakkaroz, fruktoz) ve asit (malik, tartarik, sitrik asit) kombinasyonlarıyla oluşturulan karamel örneklerinin 5-HMF düzeyi ve diğer özellikleri (pH, renk değerleri, reolojik özellikleri, °Briks değerleri) belirlenmiştir. Karamel model ortamında, farklı asit ve şeker kullanımının 5-HMF miktarını değiştirdiği belirlenmiştir. Buna ilave olarak, model karamel ortamında %3 oranında farklı lifler (beş çeşit inülin, buğday, yulaf, bezelye, limon ve elma lifi) ilave edilerek, bu liflerin karamel örneklerinin 5-HMF içeriğine ve fizikokimyasal özellikleri (pH, renk değerleri, reolojik özellikleri, °Briks değerleri) üzerine etkisi araştırılmıştır. Şeker içermeyen inülin örneklerinin karameldeki 5-HMF miktarını önemli derecede azalttığı görülmüştür. Karamel ortamında % 10 oranında farklı sebze ve meyve suları (maydanoz, dereotu, tere, ekşimen, semizotu, siyah üzüm, havuç suyu, mor lahana ve pancar suyu) ve peynir suyu ile yoğurt suyu ilave edilerek, karamel örneklerinde oluşan 5-HMF üzerindeki azaltıcı etkileri araştırılmıştır. Lahana ve pancar suyu haricindeki suların, 5-HMF oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Cevap yüzey metodu uygulanarak farklı sıcaklık (100, 115 ve 130°C) ve farklı sürelerin (30, 60 ve 90 dakika), oluşturulan karamel

örneklerinde, 5-HMF oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla, 5-HMF miktarının önemli derecede arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: 5-HMF; farklı gıdalar; karamel; lif; yoğurt ve peynir suyu; cevap yüzey metodu

DETERMINATION OF 5-HMF CONTENT OF DIFFERENT FOODS and INVESTIGATION OF DIFFERENT METHODS FOR DECREASING 5-HMF CONTENT OF RISKY FOODS

Ömer Said TOKER
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M. Sc. Thesis, January 2012
Supervisor: Assoc. Prof. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

In the first part of the thesis study, 5-HMF contents of dairy products (ice cream, cheese), meat products (sausage, salami), cereal products (bisquits, cake), different chocolates, instant foods (soup, dessert, hot chocolate, cappuchino, salep), different chips, carbonated beverages and different types of Turkish delights were determined. 5-HMF content of caramel including samples (ice cream, chocolate, bisquite, cake) and Turkish delight samples were found as very high. For the second part of the study, caramel was selected as a model. The effects of different sugar (glucose, sucrose, fructose) and acid (malic, tartaric, citric) combinations on the 5-HMF content and other properties of the caramels were investigated. The usage of different sugar or acid in production of caramel significantly affected 5-HMF content of the samples. In addition, 3% different dietary fibres (5 types of inülin, wheat, oat, pea, lemon and apple) were added to caramel formulation and their effects on the properties of the caramel were examined. Inulins which do not contain sugars, significantly decreased the 5-HMF content of the caramel samples. In different study in this part, 10% different vegetable an fruit juices (parsley, dill, purslane, red grape, carrot, red cabbage, beet juices), whey and yoghurt serum were added to water used in caramel production. Except for cabbage and beet juices, the others caused to decrease in 5-HMF content of the samples. Effect of temperature (100°C, 115°C and 130°C) and time (30, 60 and 90 minutes) on the 5-HMF content and other charactersitics of the caramel samples were investiged by performing response surface methodology. Increase in temperature and time resulted in significantly increase in 5-HMF content of the caramel.

Key Words: 5-HMF; different foods; dietary fiber; caramel; yoghurt serum and whey; response surface method

İÇİNDEKİLER

FARKLI GIDALARDA 5-HMF DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ ve RİSKLİ BULUNAN GIDALARIN 5-HMF İÇERİĞİNİN FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK AZALTILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii

YÖNERGEYE UYGUNLUK iii

KABUL ve ONAY iv

TEŞEKKÜR v

ÖZET vi

ABSTRACT viii

KISALTMA ve SİMGELER xv

TABLOLAR LİSTESİ xvi

ŞEKİLLER LİSTESİ xviii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1.5-HMF'nin Oluşumu 3

1.1.1 Enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonu ile 5-HMF oluşumu 4

1.1.1.1.Maillard reaksiyonunun aşamaları 5

1.1.1.1.1. Maillard reaksiyonunun ilk basamağı 5

1.1.1.1.2. Maillard reaksiyonunun ara basamağı 6

1.1.1.1.3. Maillard reaksiyonunun son aşaması 7

1.1.1.2. Maillard reaksiyonunu etkileyen faktörler 7

1.1.1.2.1. Reaktantların çeşidi 7

1.1.1.2.2. Sıcaklık ve zaman 8

1.1.1.2.3. pH 8

1.1.1.2.4.Su aktivitesi (a_w) 9

1.1.1.3 Maillard reaksiyonunun faydaları 9

1.1.2. Karamelizasyon neticesinde 5-HMF oluşumu 9

1.2. 5-HMF' nin insan sağlığı üzerine etkileri 10

1.3. 5-HMF'nin gıda endüstrisinde kullanımı 11

1.4. 5-HMF ile ilgili yapılan bazı çalışmaların literatürdeki yeri 12

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal 20

2.1.1. 5-HMF miktarı belirlenen örnekler 20

2.1.2. Kullanılan ekipman ve kimyasallar 20

2.2. Yöntem 21

2.2.1. Değişik gıda gruplarındaki 5-HMF miktarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler 21

2.2.1.1. Örneklerin 5-HMF analizine hazırlanması 21

2.2.1.2. Örneklerin pH değerlerinin belirlenmesi 24

2.2.2. 5-HMF azaltılmasına yönelik çalışmalar 24

2.2.2.1. Farklı asit şeker içeren model ortamlarda karamel hazırlanması.. 24

2.2.2.1.1. Model karamel örneklerinde 5-HMF analizi 25

2.2.2.1.2. Model karamel örneklerinde esmerleşmenin belirlenmesi 25

2.2.2.1.3. Model karamel örneklerinin pH, briks ve renk değerlerinin (*L*, a*, b) belirlenmesi 25**

2.2.2.1.4. Model karamel örneklerinin reolojik analizleri 25

2.2.2.2. Model karamel ortamında lif ilavesi 26

2.2.2.3. Model karamel ortamında ortama farklı sebze ve meyve suları ile yoğurt ve peynir suyu ilavesi 27

2.2.2.3.1.Sebze ve meyve sularının hazırlanması 27

2.2.2.3.2. Farklı sebze, meyve ve serum suları ilave edilerek model karamel hazırlanması 28

2.2.2.4. Cevap yüzey metodu kullanılarak farklı sıcaklık ve süre uygulamalarının oluşturulan model karamel örneklerinin özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi 28

2.3. İstatistiksel analizler 29

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Farklı Ürünlerin 5-HMF içerikleri 31

3.1.1. Süt ürünlerinin 5-HMF içeriği 31

3.1.1.1. Peynir örneklerinin 5-HMF içeriği 31

3.1.1.2. Dondurma örneklerinin 5-HMF içeriği 31

3.1.2. Et ürünlerinin 5-HMF içeriği 32

3.1.2.1 Döner örneklerinin 5-HMF içeriği 32

3.1.2.2. Sucuk, sosis ve salam örneklerinin 5-HMF içeriği 33

3.1.2.3. Toz içecek, hazır çorba ve tatlıların pH değerleri ve 5-HMF miktarları 33

3.1.2.4. Cips, kek, çikolata ve bisküvi örneklerin 5-HMF içeriği 35

3.1.2.5. Lokum ve benzeri ürünlerin 5-HMF miktarı ve pH değerleri 38

3.1.2.6. Gazlı içeceklerin 5-HMF miktarı ve pH değerleri 38

3.2. 5-HMF'nin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalar 39

3.2.1. Farklı şeker ve asit kullanımının model karamelin 5-HMF miktarına, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi 39

3.2.1.1. Model karamel örneklerinin reolojik özellikleri 39

3.2.1.2. Model karamel örneklerinde yapılan diğer analiz sonuçları 44

3.2.1.3 Analiz sonucunda elde edilen parametreler arasındaki ilişkinin tespiti 46

3.2.2. Model karamel ortamında lif ilavesinin ürünün 5-HMF içeriğine ve diğer fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi 49

3.2.3. Model karamel ortamında yoğurt suyu, peynir suyu ve bazı sebze ve meyve sularının kullanımının model karamellerin özellikleri üzerine etkisi 56

3.2.3.1. Kullanılan farklı suların bazı özellikleri 56

3.2.3.3.2. Farklı sebze, meyve ve serum suları ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin bazı özellikleri……...56

3.2.3.3. Parametreler arasındaki ilişki 62

3.2.4. Model karamel ortamında sıcaklık ve sürenin karamel ürününün bazı özellikleri üzerine etkisinin cevap yüzey metodu ile belirlenmesi 65

3.2.4.2. Sıcaklık ve sürenin 5-HMF miktarı üzerine etkisi 67

3.2.4.2. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi 69

3.2.4.3. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin absorbans değeri üzerine etkisi..... 72

3.2.4.4. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin °Briks değeri üzerine etkisi 74

3.2.4.5. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin a_w değeri üzerine etkisi 76

3.2.4.6. Farklı sıcaklıklarda 5-HMF oluşum hızının belirlenmesi..... 78

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Farklı gıda ürünlerinde 5-HMF miktarının belirlenmesi 80

4.2. 5-HMF miktarının model karamel ortamında azaltılmasına yönelik çalışmalar 88

4.2.1. Farklı şeker ve asit kullanılarak hazırlanan model karamel örnekleri . 88

4.2.2. Karamel ortamında lif ilavesinin model karamelin özellikleri üzerine etkisi 90

4.2.3. Karamel ortamında farklı su ilavesinin model karamelin özellikleri üzerine etkisi 92

4.2.4. Farklı sıcaklık ve süre uygulamasının karamel üzerindeki etkilerinin cevap yüzey metodu ile belirlenmesi 96

KAYNAKLAR.....100

EKLER.....116

ÖZGEÇMİŞ.....134

KISALTMA VE SİMGELER

5-HMF: 5-hidroksimetil-2-furfural

HRPs : Heyns bileşikleri

ARPs : Amadori bileşikleri

AGEs : İleri derece gikolizlenme son ürünleri

a_w : Su aktivitesi

SMF : Sulfoksimetilfurfural

σ : Uygulanan basınç

γ : Kesme hızı

n : akış davranış indeksi

K : kıvam katsayısı

η' : Bingham plastik viskozite değeri

σ_0 : Akma gerilimi

A_0 : 5-HMF'nin başlangıçtaki konsantrasyonu

K : 5-HMF oluşum sabiti

A_t : t anındaki 5-HMF konsantrasyonu

k_R : Arrhenius sabiti

E_a : Aktivasyon enerjisi

R : Gaz sabiti

S.D : Serbestlik derecesi

K.O : Kareler ortalaması

F : F testi değeri

R^2 : Determinasyon katsayısı

RMSE : Karekök ortalama karesel hata

P : İhtimal değeri

Ppm : milyonda bir kısım

Ppb : milyarda bir kısım

L^* : Siyahtan beyaza kadar olan açıklık-koyuluk renk geçiş değeri

a^* : Yeşilden kırmızılığa doğru renk geçiş değeri

b^* : Maviden sarıya doğru renk geçiş değeri

X_1 : Karamel hazırlama sıcaklığı

X_2 : Karamel ısıl işlem uygulama süresi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Monosakkaritlerin Maillard reaksiyonundaki aktifliği 8

Tablo 2.1. İnülin çeşitlerinin özellikleri 26

Tablo 2.2. Cevap yüzey metodunun deney noktaları 28

Tablo 3.1. Peynir örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri 31

Tablo 3.2. Farklı markalarda çeşitli dondurmaların 5-HMF ve pH değerleri..... 32

Tablo 3.3. Et ve tavuk döner örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı 33

Tablo 3.4. Sucuk, sosis ve salam örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı (ppm).. 33

Tablo 3.5. Pudding örneklerinin pH ve 5-HMF değeri..... 34

Tablo 3.6. Bazı toz içeceklerin pH ve 5-HMF değeri (ppm) 34

Tablo 3.7. Toz çorba örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı (ppm)..... 35

Tablo 3.8. Cips Örneklerinin 5-HMF konsantrasyonu ve pH değeri..... 35

Tablo 3.9. Farklı Kek Örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri..... 36

Tablo 3.10. Bisküvi Örneklerinin 5-HMF içeriği (ppm) ve pH değeri..... 36

Tablo 3.11. Çikolata Örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri 37

Tablo 3.12. Lokum ve cevizli sucuk örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri 38

Tablo 3.13. Gazlı içeceklerin 5-HMF içeriği ve pH değerleri 39

Tablo 3.14. Model karamel örneklerinde kullanılan akış davranışlarının parametreleri 42

Tablo 3.15. Model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı, pH, °Brix ve absorbans değeri 44

Tablo 3.16. Parametreler arasındaki korelasyon katsayısı..... 48

Tablo 3.17. Lif ilave edilmiş karamellerin 5-HMF miktarı ve diğer özellikleri..... 52

Tablo 3.18. Lif ilave edilen örneklerin 5-HMF miktarı ve diğer parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı 54

Tablo 3.19 Karamel ortamına ilave edilen farklı suların pH, ºBriks, *L**, *a** ve *b** değerleri 57

Tablo 3.20. Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt ve peynir suyu) suları ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin özellikleri 59

Tablo 3.21. Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt ve peynir suyu) suları ilave edilerek hazırlanan model karamellerinin parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı 63

Tablo 3.22. Farklı sıcaklık ve süre uygulanarak hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ve bazı özellikleri..... 67

Tablo 3.23. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları 68

Tablo 3.24. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin *a** değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları 70

Tablo 3.25. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin *b** değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları 71

Tablo 3.26. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin absorbans değeri ($\times 10^2$) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları 73

Tablo 3.27. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin °Briks değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları..... 75

Tablo 3.28. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin a_w değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları 77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Maillard reaksiyonunun genel şeması 4

Şekil 1.2. Maillard reaksiyonunun ilk aşaması 6

Şekil 1.3. 5-HMF'nin oluşumu 7

Şekil 1.4. 5-HMF nin asidik ortamda fruktoz ve glukozdan oluşumu..... 10

Şekil 1.5. 5-HMF' den SMF oluşumu 11

Şekil 2.1. Örneklerin 5-HMF analizi için hazırlanması..... 22

Şekil 2.2. Standart 5-HMF çözeltilerine ait HPLC kromatogramları 23

Şekil 2.3. 5-HMF standart çözeltileriyle oluşturulan kalibrasyon grafiği 24

Şekil 2.4. Lif örneklerinin çözünen ve çözünmeyen kısımlarının oranları 27

Şekil 3.1. Model karamel örneklerinin kesme hızına karşılık basınç grafiği..... 43

Şekil 3.2. Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin renk değerleri 46

Şekil 3.3. Farklı şeker ve asit kullanılarak hazırlanan model karamel örneklerinin HMF içeriği ile pH, °Briks ve absorbans değerleri arasındaki ilişki 49

Şekil 3.4. L1, L4 ve L6 örneklerine ait 5-HMF düzeyini gösteren HPLC kromatogramları……...50

Şekil 3.5. Lif ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriğiile pH, *L**, Briks ve a_w arasındaki ilişki 55

Şekil 3.6. Model karamel ortamında ilave edilen sebze suları 56

Şekil 3.7. S1, S7, S9 ve S10 örneklerine ait 5-HMF düzeyini gösteren HPLC kromatogramları 60

Şekil 3.8. Farklı sebze, meyve ve serum ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ile *L** ve a_w arasındaki ilişki 64

Şekil 3.9. Farklı sıcaklık ve süre uygulanan model karamel örnekleri 65

Şekil 3.10. Farklı sıcaklık ve süre uygulanan bazı model karamel örneklerine ait 5-HMF içeriğini gösteren HPLC kromatogramları 67

Şekil 3.11. Sıcaklık ve sürenin model karamel örneklerinin 5-HMF düzeyine etkisi 69

Şekil 3.12. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin *a** değeri üzerine etkisi 71

Şekil 3.13. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin *b** değeri üzerine etkisi 72

Şekil 3.14. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin *absorbans* değeri üzerine etkisi 74

Şekil 3.15. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin °*Briks* değeri üzerine etkisi 76

Şekil 3.16. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin a_w değeri üzerine etkisi 78

Şekil 3.17. Farklı sıcaklıklardaki 5-HMF oluşum hızı 79

GİRİŞ

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonunda oluşan furanik bir bileşiktir [1, 2, 3]. Ayrıca 5-HMF, asitli ortamda uygulanan ısıl işlem sırasında şekerlerin dehidrasyonu sonucu ortaya çıkan bir bileşiktir [4] ve gıdada oluşan 5-HMF miktarı gıdaya uygulanan ısıl işlem hakkında bilgi vermektedir [5].

5-HMF'nin yüksek derişimlerinin, hücrelere ve genlere toksik etkisinin olduğu, gözü, üst solunum yolunu, deri ve mukoza membranlarını tahriş ettiği tespit edilmiştir [6]. 5-HMF'nin ayrıca tümör oluşumuna ve kolon kanserini başlatıcı etkisi olduğu da belirtilmektedir [7, 8]. Bunlara ilave olarak 5-HMF'nin sulfoxymethylfurfurala dönüştüğü ve bu bileşiğin de genetik mutasyona yol açtığı ve fare derilerinde tümor oluşumunu tetiklediği bildirilmektedir [9–11]. 5-HMF, bu zararlı etkilerinden dolayı pekçok araştırıcının dikkatini çekmiş ve çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Birçok gıdada 5-HMF miktarı ve farklı proses uygulamalarının ve değişik katkı maddelerinin, 5-HMF oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır.

TSE tarafından bal, pekmez, meyve suyu ve meyve suyu konsantreleri gibi ürünlerde sırasıyla 40 ppm, 25 ppm, 20 ppm ve 45 ppm 5-HMF miktarı limit olarak belirlenmiştir. Bu limit değerleri ayrıca Almanya, Hollanda gibi ülkelerin gıda kondeksinde de yer almaktadır [12].

Bilindiği gibi pekmez, bal gibi ürünlerin genç yaştaki insanlar tarafından tüketimi oldukça sınırlıdır. Bu gıdalarda 5-HMF miktarı fazla olmasına rağmen, tüketim miktarı ile birlikte düşünüldüğünde bu gıdalardan alınan 5-HMF oldukça düşüktür. Fakat bu ürünlere kıyasla oldukça fazla tüketilen ve 5-HMF miktarı bu ürünlerden daha az olan ürünler, insanların bal veya pekmez gibi ürünlerden daha fazla miktarda 5-HMF

almasına neden olmaktadır. Bundan dolayı ürünlerin, 5-HMF miktarının belirlenip, tüketim miktarı da ele alınarak bu gibi ürünlere (çikolata, bisküvi, lokum ve benzeri ürünler) 5-HMF limitinin konulması insanların sağlığı bakımından önem arz etmektedir.

5-HMF'nin bu zararları etkileri göz önüne alınıp, bazı gıdalarda limit getirilmesine rağmen, bu konuda riskli çoğu gıdada herhangi bir limit bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasının ilk kısmında, bu eksikliğin giderilmesi amaçlanarak süt ürünlerinde (peynir, dondurma), et ürünlerinde (sucuk, sosis, salam, hazır döner), gazlı içeceklerde, lokum, çikolata, kek, bisküvi ve toz gıdalar (toz çorba, sıcak çikolata, salep, toz tatlı) gibi ürünlerin 5-HMF içeriği belirlenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci kısmında ise, birinci kısımda 5-HMF derişimi yüksek olan model gıdalarda 5-HMF'nin azaltılmasına yönelik denemeler yapılmıştır. Bu kısımda, literatürde maillard reaksiyonu sonucunda oluşan 5-HMF üzerine birçok çalışma bulunmasına karşın asit ortamında şekerin parçalanması ile oluşan 5-HMF düzeyleri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu yüzden tezin ikinci kısmında model olarak karamel ortamı seçilmiştir. Zira bu ortamın seçilmesinin önemli bir nedeni de 5-HMF taranmasında, karamel içeren ürünlerin 5-HMF miktarının diğer ürünlere göre oldukça yüksek bulunmasıdır. Farklı şeker-asit kullanımının, lif ilavesinin, farklı sebze, meyve sularının ve yoğurt suyu ile peynir suyunun, model karamel ortamında oluşturulan ürünlerin 5-HMF içeriğine, pH, °Briks, renk (L^*, a^* ve b^*), su aktivitesi değeri ve esmerleşme miktarı üzerine etkileri araştırılmıştır. Tezin bu kısmında ayrıca cevap yüzey metodu uygulanarak sıcaklık ve sürenin, model karamel ürünlerinde 5-HMF oluşumuna ve diğer özellikleri (pH, °Briks, renk (L^*, a^* ve b^*), su aktivitesi değeri ve esmerleşme miktarı) üzerine etkileri araştırılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Gıda üretiminde ısıl işlemler güvenli, uzun ömürlü ve istenen kalitede ürün elde etmek için yaygın olarak uygulanır. Ayrıca ısıl işlem, uygulanan ürünün duyusal özelliklerine, lezzetine, rengine, aromasına ve tekstürüne önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Isıl işlemin bunlar gibi faydaları olmasına rağmen ısıl işlem neticesinde oluşan ve kanserojenik, mutajenik ve hücreye toksik etkisi bulunan bazı bileşikler yüzünden, ısıl işlem hakkında kaygı taşınmaktadır. Isıl işlem neticesinde oluşan bu tarz bileşiklerin iyi bilinenleri; heterosiklik aminler, nitrozaminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlardır [13–15]. Bu reaksiyonlar sonucunda da istenmeyen birtakım bileşikler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan 5-HMF, potansiyel toksik etkisinden dolayı ve gıdalarda çok yaygın bulunmasından dolayı dikkat çekmektedir [6]. Özellikle balda, pekmezde, meyve suyunda, salçada 5-HMF miktarına dönük standart uygulanmaktadır. Ancak başka gıdalarda da, 5-HMF yüksek düzeylerde oluşabilmektedir. Bu gıda maddelerinde 5-HMF içeriği araştırılmalı ve riskli gıdalar saptanmalı ve bunlara yönelik 5-HMF standardı oluşturulmalıdır.

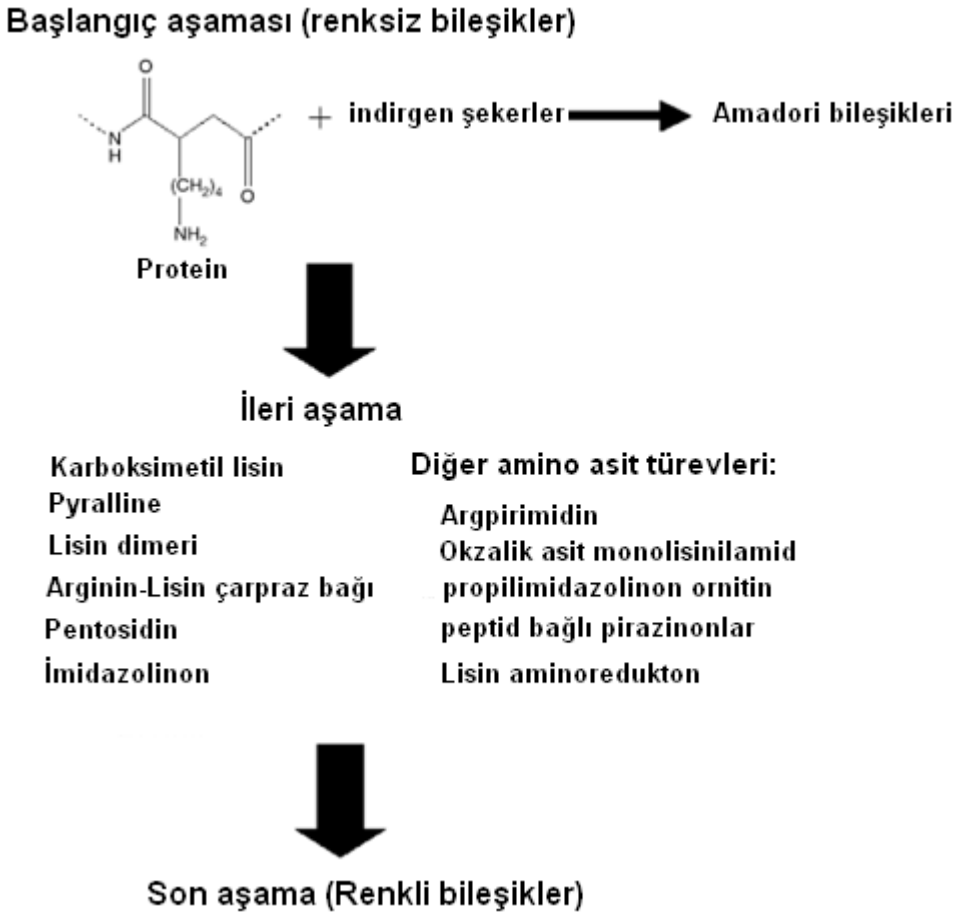
1.1. 5-HMF'nin Oluşumu

Literatür incelendiğinde 5-HMF'nin iki şekilde oluştuğu görülmektedir. Bunlardan birincisi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda, diğeri ise şekerin asitli ortamda parçalanması (karamelizasyon) ile oluşmaktadır.

1.1.1. Enzimatik Olmayan Esmerleşme (Maillard) Reaksiyonu ile 5-HMF Oluşumu

Gıda üretiminde ısıl işlemler güvenli, uzun ömürlü ve istenen kalitede ürün elde etmek için yaygın olarak uygulanır. Fakat bu ısıl işlemler neticesinde maillard reaksiyonu, yağ oksidasyonu ve karamelizasyon gibi bazı reaksiyonlar ortaya çıkmaktadır [6].

Maillard reaksiyonu, indirgen şekerler ile amino grubu içeren bileşikler arasında gerçekleşen birçok kimyasal reaksiyonun tamamını kapsamaktadır [16].



Şekil 1.1. Maillard reaksiyonunun genel şeması

Şekil 1.1, Maillard reaksiyonunun genel şemasını göstermektedir. Maillard reaksiyonu proteinlerin, peptidlerin veya aminoasitlerin ε- ve α- amino grupları ile indirgen şekerlerin karbonil gruplarının yoğunlaşmasıyla başlar, daha sonraki aşamalarda da Maillard reaksiyon ürünleri adı verilen çok sayıda bileşik oluşur [17].

Maillard reaksiyonu [18];

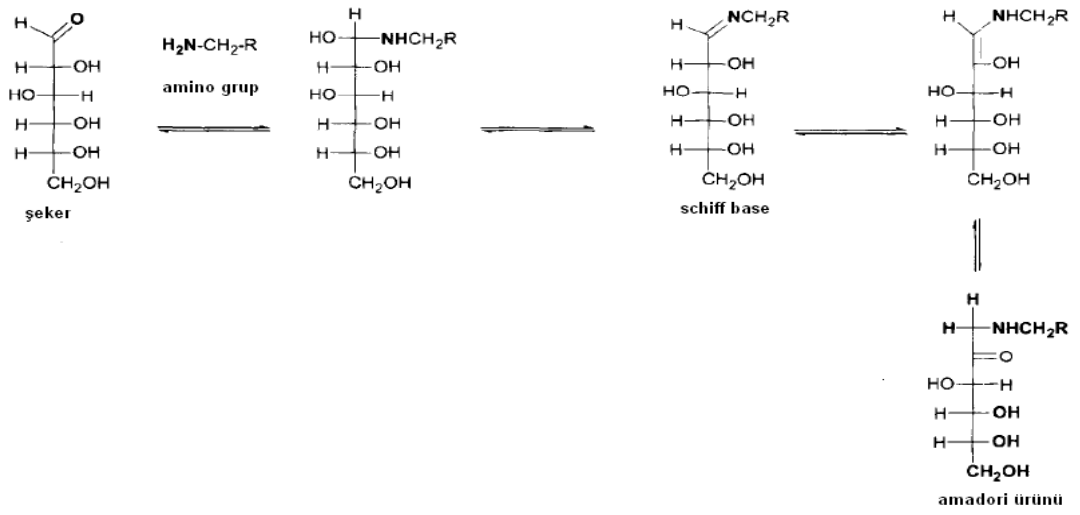
- Esensiyal amino asitleri parçalar.
- Sindirilebilirliği azaltır.
- Enzimleri inaktive eder.
- Düzenleyici molekül bağlanmasını engeller.
- Glikolizlenmiş hücre dışı matrikslerin çarpraz bağlanmasına neden olur.
- Proteolize duyarlılığı azaltır.
- Nükleik asit fonksiyonlarında anormalliğe neden olur.
- Bağışıklığın artmasına neden olur.

1.1.1.1. Maillard Reaksiyonunun Aşamaları

Maillard reaksiyonu ilk basamak, ileri basamak ve son basamak olmak üzere üç aşamada gerçekleşir [17]. Bu reaksiyon, bütün basamakları aynı anda gerçekleşen zincirleme bir reaksiyondur. Şekil 1.1, bu üç basamakta oluşan ürünleri göstermektedir.

1.1.1.1.1. Maillard reaksiyonunun ilk basamağı

Maillard reaksiyonunun ilk basamaklarında oluşan ilk kararlı ürünler Amadori (ARPs) veya Heyns (HRPs) bileşikleri olarak bilinir [19, 20]. Bu ürünler aminoasitlerin, peptidlerin veya proteinlerin amino gruplarının ve indirgen şekerlerin karbonil gruplarının kümelenmesi sonucunda oluşur [21]. ARPs, başlangıçtaki indirgen şeker aldoz iken oluşur, HRPs ise ketozlardan (fruktoz) oluşmaktadır [17]. Bu ilk basamakta oluşan bileşiklerin oksidasyon ve redüksiyonu ile pentozidin, karboksimetil-lizin (CML) ve pyraline gibi ileri derece gikolizlenme son ürünleri (advanced glycation end products (AGEs)) meydana gelir [17]. Amadori bileşikleri ürünlere karakteristik aroma ve kahverengi polimer kazandırırken, amino asit ve proteinlerin besinsel değerinde azalmaya yol açmaktadır [21].



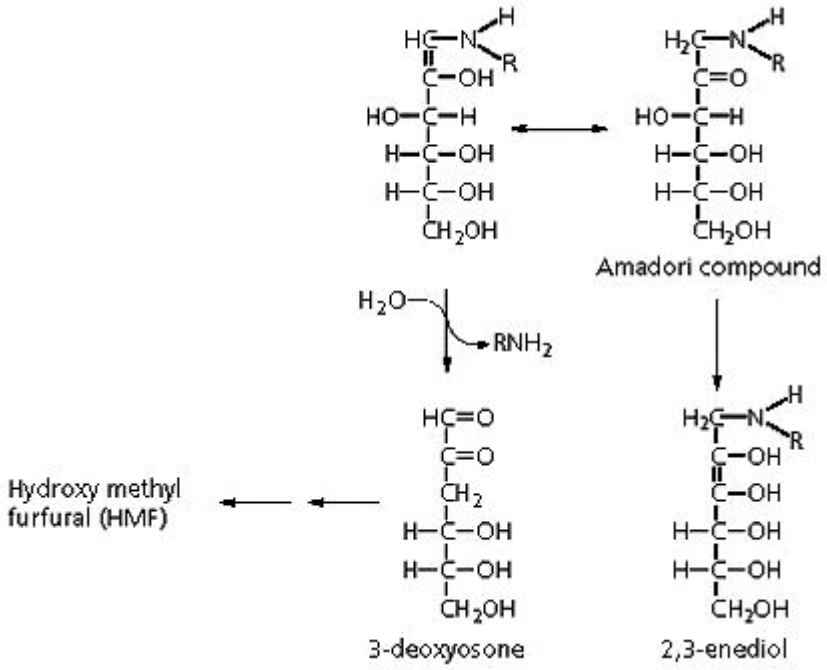
Şekil 1.2. Maillard reaksiyonunun ilk aşaması [19]

Bu aşamada oluşan bileşikler, üründe duyusal değişime neden olmazlar [22].

1.1.1.1.2. Maillard Reaksiyonunun Ara Basamağı

Maillard reaksiyonunun ilk aşamasında oluşan Amadori ürünleri ortam şartlarına (pH, şekere bağlanan amin grubunun alkalinitesi, sıcaklık gibi) bağlı olarak farklı ürünlere parçalanırlar. Ketozaminlerin amino gruplarındaki serbest hidrojen, diketozamin oluşturmak için aldozların ikinci molekülü ile reaksiyon verir. Bu reaksiyon sonucunda, monofruktozamin ve nitrojen içermeyen karbonil bileşikler (3-deoxyosulose, 3,4-dideoxyosulos-3-ene) meydana gelir [23].

Ayrıca Amadori ürünleri, enolizasyon ile 1,2 enediol forma dönüşür. 1.2 enediol den de 3-deoksiosuloz oluşur, bu bileşikte dehidrasyon ile renk ve aroma veren farklı bileşiklere dönüşür. Bunlardan en önemlileri hidroksimetilfurfural (5-HMF) ve diğer furfural bileşikleridir [1]. Şekil 1.3, 5-HMF oluşumunu göstermektedir.



Şekil 1.3. 5-HMF'nin oluşumu

1.1.1.1.3. Maillard Reaksiyonunun Son Aşaması

Bu aşamada da kahverengi pigmentler, aroma ve tad bileşikleri oluşur. Melanoidinler, maillard reaksiyonunun ara basamağında meydana gelen reaktif ara ürünlerin polimerizasyonundan oluşur [19, 24, 25].

1.1.1.2. Maillard Reaksiyonunu Etkileyen Faktörler

Maillard reaksiyonunu,

- reaktantların çeşidi ve elde edilebilirliği,
- sıcaklık,
- reaksiyon süresi,
- pH,
- su aktivitesi etkilemektedir [26–29].

1.1.1.2.1. Reaktantların Çeşidi

Ortamda bulunan aminoasit ve şekerlerin çeşidi doğrudan Maillard reaksiyonunu etkilemektedir. Aminoasitler içerisinde lisin serbest ε-amino grubu içermesinden dolayı en reaktif aminoasittir [30, 31]. Karbonil grup sağlamasından dolayı bu reaksiyon oluşumunda indirgen şekerlerin bulunması kaçınılmazdır. Düşük molekül ağırlıklı

şekerler, yüksek molekül ağırlığa sahip şekerlere göre daha reaktiftir. Maillard reaksiyonu reaktifliğinde şekerlerin genel sıralaması şu şekildedir.

D-ksiloz>L-arabinoz>heksozlar>disakkaritler

Heksozlarda ise;

D-galaktoz>D-mannoz>D-glukoz [20].

Tablo 1.1'de, şekerlerin maillard reaksiyonundaki glukoza göre reaktifliğini gösterilmektedir. Bu şekerlerin çoğu glukozdan daha aktif gözükse de glukoz maillard reaksiyonunun oluşmasında en önemli şekerdir. Bunda en önemli sebep glukozun diğer şekerlere göre dokularda daha fazla bulunmasıdır [32].

Tablo 1.1. Monosakkaritlerin, Maillard reaksiyonundaki aktifliği (Glukoza göre) [33]

Şeker	**Glikolizlenme**	**Esmerleşme**
D-Glukoz	1	1
D-Mannoz	5.3	3
D-Galaktoz	4.6	4.6
D-Ksiloz	4.8	7
D-Fruktoz	7.5	-
D-Arabinoz	-	16.4
2-Deoksi-D-Glukoz	-	26
D-Riboz	16.6	129
2-Deoksi-D-riboz	-	217

1.1.1.2.2. Sıcaklık ve Zaman

Maillard reaksiyon kinetiğini etkileyen en önemli faktörler sıcaklık ve zamandır [16, 34]. Maillard reaksiyonunun hızı genellikle sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak artmaktadır.

1.1.1.2.3. pH

Maillard reaksiyon hızı asidik pH (pH<3) değerlerinde düşükken, pH 10'a kadar pH artışı ile artmaktadır [35]. Düşük pH değerlerindeki, maddelerin çevresinde daha fazla sayıda H^+ iyonu bulunmaktadır. Bu H^+ iyonları amino asitlerin negatif yüklü kısımlarıyla reaksiyona girerek onların indirgen şekerlerle olan reaksiyonunu azaltırlar. Yüksek pH değerlerinde (yaklaşık pH=10), maillard reaksiyon hızı yavaşlar, bunun

sebebi Amadori bileşiklerini katalizleyecek yeterli miktarda H^+ iyonunun ortamda bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

1.1.1.2.4.Su aktivitesi (a_w)

Maillard reaksiyonunu etkileyen bir diğer faktör de su aktivitesidir. Su aktivitesinin 0.6-0.7 olduğu değerlerde Maillard reaksiyon hızı maksimum olmaktadır [4].

1.1.1.3 Maillard Reaksiyonunun Faydaları

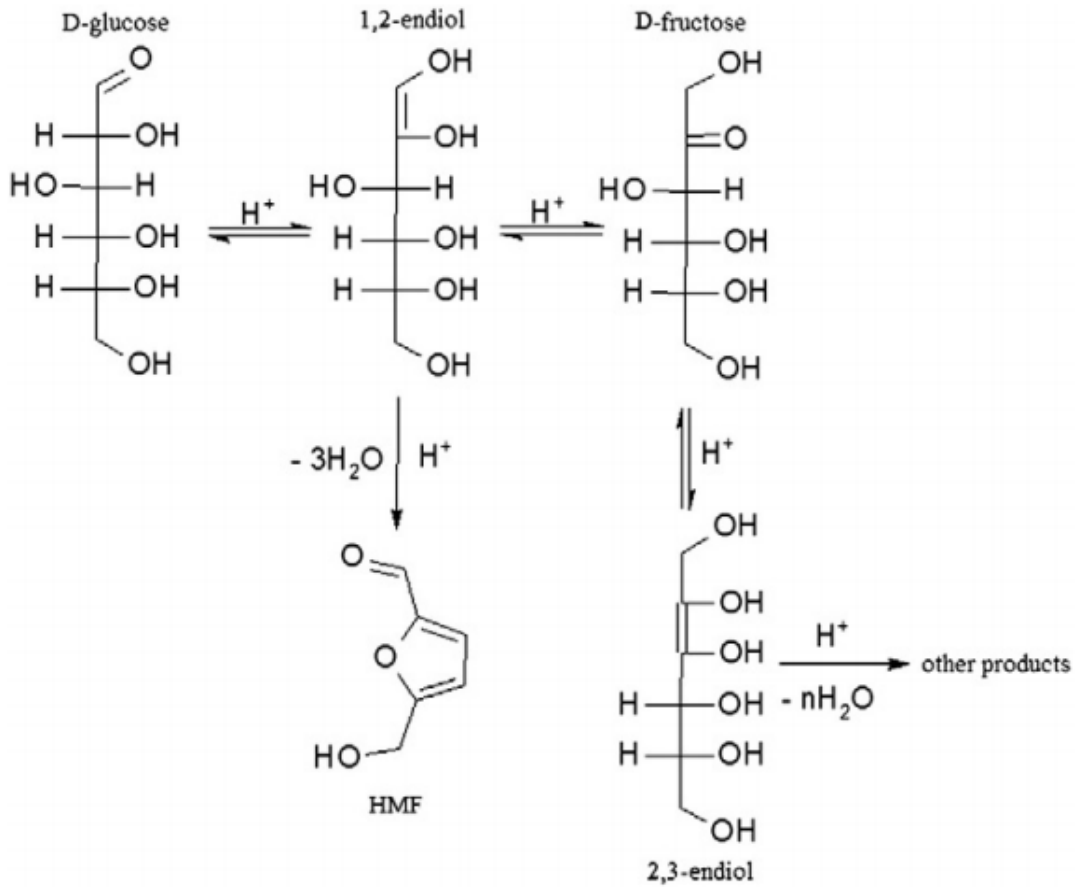
Maillard reaksiyonu, proteinlerin çözünürlük, ısı stabilitesi ve emülsifiye edici gibi fonksiyonel özelliklerini [36], antioksidan [37] ve anti alerjik [38] gibi biyolojik özelliklerini geliştirmek için de kullanılır. Maillard reaksiyonu ayrıca jel oluşumunu artırıcı, emülsifiye ve antioksidan özelliklere sahip soya glikopeptidlerinin oluşumuna yardımcı olur [39, 40]. Ayrıca bu reaksiyon ürünleri de arzu edilen renk ve aromanın oluşması için istenmektedir [16]. Çikolata ve ekmek üretiminde kahverengi renk oluşumu maillard reaksiyonu ile gerçeklerştirilir [41]. Bu reaksiyon ayrıca etin kızartılmasında, kavrulmasında istenen tad ve aromanın oluşması için istenilmektedir [30].

1.1.2. Karamelizasyon Sonucunda 5-HMF Oluşumu

5-HMF, maillard reaksiyonunun ara basamağında oluşabildiği gibi şekerin asit ortamında parçalanması sonucunda da oluşmaktadır [4, 42–45]. 3-Deoxyosone, 5-HMF oluşumundaki en önemli vasıta olarak kabul edilir. Bu bileşik 1,2 enolizasyon ve glukoz veya fruktozun dehidrasyonu sonucu meydana gelmektedir. 3-Deoxyosone' un daha fazla dehidrasyonu sonucunda 5-hydroksimetilfurfural (5-HMF) oluşmaktadır. Asidik ortamlarda 5-HMF, düşük sıcaklıklarda bile oluşur [46]. Özellikle düşük pH'larda 5-HMF, heksozların parçalanma ürünü olarak da meydana gelmektedir [47–50]. Karamelizasyon oluşumu, pH değerinin 3'den küçük ve 9'dan büyük olduğu ortamlarda ve 120°C'den yüksek sıcaklıklarda hızlanmaktadır [4]. Şekil 1.4, şekerlerden asidik ortamda 5-HMF oluşum prosesini göstermektedir.

Maillard reaksiyonu ve karamelizasyona ilave olarak, 5-HMF'nin farklı oluşma nedenleri de vardır. Ayrıca kuru ve prolitik şartlarda fruktoz ve sukrozdan 5-HMF oluştuğu belirlenmiştir. Bu tepkime doğrudan 5-HMF'ye dönüşebilen oldukça reaktif olan fruktofuranosil oluşumunu içermektedir [51]. 5-HMF, asidik ortamda suyun

monosakkaritlerle birlikte bulunduğu gıdalarda da doğal olarak bulunabilmektedir [52]. Bunlara ilave olarak 5-HMF, askorbik asitin parçalanma ürünü olarak da oluşabilmektedir [53] ve meyve suyu üretim prosesinde uygulanan ısıl işlem hakkında bilgi sahibi olabilmek için 5-HMF miktarına bakılmaktadır [54].

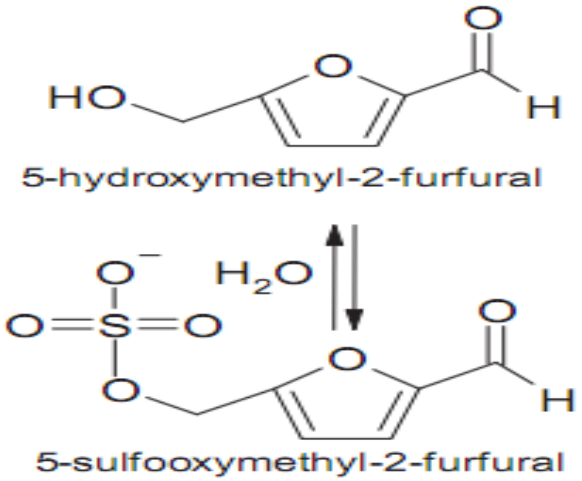


Şekil 1.4. 5-HMF'nin asidik ortamda fruktoz ve glukozdan oluşumu [55]

1.2. 5-HMF'nin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Yüksek derişimde alınan 5-HMF'nin sitotoksik etkisi, gözleri, üst solunum yolunu, deri ve mukoza membranını tahriş eder [6]. 5-HMF'nin fare kolonunda aberrant crypt foci oluşumuna sebep olduğu belirtilmektedir [7, 8]. 10-25µmol 5-HMF'nin farelere verilmesinin farelerde deri kabarcıkları (siğil) görünmesine yol açtığı belirtilmiştir [10]. 200 mg/kg vücut ağırlığı miktarında 5-HMF alımının fare böbreğinde lipomatöz tümör gelişimine neden olduğu tespit edilmiştir [56]. Yakın zamanda 5-HMF nin bağırsaktaki adenom (bir çeşit tümör) sayısını önemli derecede artırdığından dolayı zayıf kanserojen

olduğu belirtilmiştir [57]. Ayrıca 5-HMF'nin sulfotransferaz enzimleriyle sulfoksimetilfurfurala (SMF) dönüştüğü (Şekil 1.5), bu maddenin de genetik mutasyona yol açtığı ve fare derilerinde tümor oluşumunu tetiklediği saptanmıştır [9, 10].



Şekil 1.5. 5-HMF'den SMF oluşumu [58]

SMF, 5-HMF'den farklı olarak bakteri ve memeli hücreleri üzerinde aktive edici sisteme gerek duymadan mutajenik etkiye sahiptir [10, 59]. Fare derilerinde 5-HMF'ye oranla papillom (siğil) üretiminde daha etkili olduğu bir başka çalışmada gözlemlenmiştir [10]. SMF'nin farelerde nefrotoksik etkiye sahip olduğu da belirlenmiştir [60].

1.3. 5-HMF'nin Gıda Endüstrisinde Kullanımı

5-HMF'nin birçok zararları olmasına rağmen, gıda endüstrisinde bazı amaçlarla üründeki 5-HMF miktarından faydanılmaktadır. 5-HMF miktarı, işlenmiş meyvelerde [61, 62], kahvede [63], balda [64] ve sütte [65, 66] kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca 5-HMF miktarı, bisküvi kurutma [67], ekmeğin pişirilmesi [68, 69], ekmek dilimlerinin kızartılması [70], bebek mamasında kullanılan tahılların [71, 72] ve kahvaltılık tahılların ekstrüzyonu [73] gibi ısıl işlem uygulanan proseslerde, uygulanan ısıl işlemin denetlenmesi amacıyla kullanılmaktadır [74]. 5-HMF'nin taze ve işlem görmemiş ürünlerde oluşmadığını ve konsantrasyonunun ısıl işlem sırasında arttığı düşüncesinden yola çıkarak, gıda ürünlerinde ısıl işlem sonucunda oluşan zararın tespiti açısından 5-HMF miktarının belirlenmesi önemlidir [75]. Bundan dolayı 5-HMF miktarının belirlenmesi, gıdanın tazeliği ve kalitesi hakkında fikir sahibi olmak

açısından önemli bir kalite kriteridir [52]. Dünya Sağlık Örgütü'nün ve Avrupa birliği'nin kodeks alimentarus'u balda ve elma suyunda, ısıl işlem ve bozulma indikattörü olarak en yüksek 5-HMF miktarını sırasıyla 40 mg/kg ve 50 mg/L olarak belirlemiştir [76, 77]. Meyve sularında veya konsantrelerinde 5-HMF bulunması yüksek ısıl işlemin veya uzun süreli yüksek ısıl işlemin göstergesidir [78].

1.4. 5-HMF ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmaların Literatürdeki Yeri

Literatürde birçok gıdada 5-HMF miktarının belirlenmesine ve farklı proses koşullarının 5-HMF oluşumu üzerine etkilerine yönelik birçok araştırma mevcuttur.

Analiz edilen ürünler ve bu ürünlerin 5-HMF düzeyleri aşağıdaki gibidir.

- Bebek mamalarında 0.4–65.5 mg/kg [71, 72].
- Pastörize sütte 2.5 µmol/l, direk ve indirek UHT uygulanmış sütlerde ise sırasıyla 5.6 µmol/l ve 8.7 µmol/L [79], 0–9.2 µmol/l [80], 4-16 µmol/L [81].
- Süt tozunda 0.50 µg/g'ın altında ve on ticari süt örneğinde 0.54 µg/mL ile 2.25 µg/g değerleri arasında [78].
- Sert ve yumuşak kahverengi peynirde 0.08–0.21 mg/kg [82].
- Ekmekte 2.2–87.7 mg/kg [68, 69, 83].
- Kahvaltılık tahıllarda 3.7–193.3 mg/kg [73], 6.9–240.5 mg/kg [84].
- Makarnalarda ise 0.08–7 mg/kg [85].
- Buğday bisküvisinde 0.16 mg /kg [82].
- Farklı çeşit bisküvilerde 0.5–74.5 mg/kg [86].
- Reçellerde 0.03–0.08 mg/kg [82], 5.5–37.7 mg/kg [61, 62], 6.4–105.9 mg/kg [87].
- Çikolata ve fındık içeren bisküvilerde 0.07 mg/kg [82].
- Kuru üzümde 5 mg/kg [82].
- Instant kahvede 91.3–3060 mg/kg [82], 400–4100 mg/kg [88, 89].
- Kahvede 100–1900 mg/kg [88, 90].
- Şeker eklenmiş içime hazır kapuçinoda 1.72–143 mg/kg [82].
- Öğütülmüş kahvede 262–547 mg/kg [82].

- Birada 0.2–13.3 mg/kg [82], 3.0–9.2 mg/kg [91].
- Erik kurusunda 237 mg/kg [82].
- Konserve edilmiş şeftalide 5.8 mg/kg [82].
- Hindibada 200–22500 mg/kg [88].
- Malt içeceğinde 100–6300 mg/kg [88].
- Balda 10.4–58.8 mg/kg [92, 93], 0.6–31.3 mg/kg [87].
- Meyve sularında 2.0–22.0 mg/kg [91, 94].
- Kırmızı şarapta 1.0–1.3 mg/kg [91].
- Kurutulmuş meyvelerde 25–2900 mg/kg [95].
- Bazı kurutulmuş meyvelerde ve karamelli ürünlerde 1 g/kg'dan fazla [47, 61, 96].
- Kızartılmış bademde 9 mg/kg [95].
- Sirke (şarap) 0–21.5 mg/kg ve balzamik sirkede 316.4–35,251.3 mg/kg [97].
- Meyve suyu konsantrelerinde (çilek, kayısı, şeftali, kiraz, portakal, elma) 0.5–7.0 mg/kg [87].
- Ticari ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş üzüm, dut ve nar sularında sırasıyla 28.7–260 mg/kg, 17.0–226.0 mg/kg ve 714.0–5000.0 mg/kg [87].
- Biber salçalarında 0.7–11.0 mg/kg, domates salçalarında ise 6.7–62.0 mg/kg [87].
- Tahıl ürünlerinde (tuzlu kraker, kremalı bisküvi, tatlı bisküvi, kahvaltılık tahıl, ekmek) 1.1–30 mg/kg [87].
- Helvada ise 49.0–173.3 mg/kg [87].
- Toz salep, sıvı salep, geleneksel salep, peynir suyu tozu (PST) sırasıyla ortalama 131.3, 129.5, 164.8 ve 22.6 mg/kg [98].

Yukarıdaki çalışmalardan anlaşılacağı üzere birçok üründe 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Fakat ürünlerdeki 5-HMF içeriğinin aralığı dikkate alındığında, ürünlerdeki 5-HMF düzeyi büyük aralıklarda değişkenlik göstermektedir. Bundan dolayı da her ülkede ayrı ayrı 5-HMF miktarlarının belirlenmesinde fayda vardır. Çünkü ürün yapım teknolojisi ve ürün içeriği ülkeden ülkeye, hatta bölgeden bölgeye değişiklik göstermekte ve bu da 5-HMF miktarını doğrudan etkilemektedir.

Ürünlerde 5-HMF miktarının belirlenmesine ilave olarak literatürde farklı proses koşullarının veya hammadde içeriğinin 5-HMF miktarına etkisi üzerine de birçok çalışma mevcuttur.

Farklı yağ içeriğine sahip sütlerde 5-HMF oluşum kinetiğinin araştırıldığı bir çalışmada yağsız süt, yarım yağlı süt ve tam yağlı süt kullanılmıştır. Bu örneklerde 5-HMF oluşum kinetiği sırasıyla 0.771 µmol/L dakika, 0.794 µmol/L dakika ve 0.815 µmol/L dakika bulunmuştur. Örnekler arasında reaksiyon kinetiği bakımından istatistikçe önemli farklılıklar bulunmamıştır [99].

Sığır sütünde farklı sıcaklıklardaki 5-HMF miktarının oluşum kinetiğinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise, en düşük 5-HMF'nin (2.04 µmol/l) 130°C'de 3.3 saniye ısıl işleme maruz kalan sütte oluştuğu gözlemlenirken, bu değer 145°C'de 22.7 saniye ısıl işlem görmüş sütte 19.34 µmol/L değerine ulaştığı görülmektedir [100].

Ekici, Karacan ve Velioğlu [101] paketleme materyalinin, ürünün konsantrasyonunun, depolama sıcaklığının ve süresinin 5-HMF oluşumuna etkisini araştırdığı bir çalışmada konsantrasyon, sıcaklık ve sürenin artması ile 5-HMF oluşumunun arttığı belirlenmiştir. Ayrıca polietilen-tereftalat/alüminyum/polietilen karışımı ile paketlenmiş ürünlerde 5-HMF oluşumunun en yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca Simsek ve arkadaşlarının [102] yılında yaptığı bir çalışmada, kırmızı ve beyaz üzüm suyu konsantrelerinde, ürün konsantrasyonunun, sıcaklığın ve depolama süresinin 5-HMF oluşumuna etkisi yüzey yanıt yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Burada da bir önceki çalışmayla paralel sonuçlar bulunmuştur.

Ameur ve arkadaşları [103], bisküvilerde pişirme sırasında 5-HMF oluşumu üzerine bir çalışma yapmışlar. Aynı çalışmada 17 adet ticari bisküvi örneklerinin 0.5–74.6 mg/kg arasında 5-HMF içerdiği saptanmıştır. Bisküvilerde 5-HMF oluşumunun birinci derece reaksiyon kinetiğini takip ettiği ve pişirme sırasında 5-HMF oluşum hızı 200, 250 ve 300°C'de sırasıyla 0.0028, 0.0067 ve 0.0082 s^{-1} olduğu belirlenmiştir.

Doğan ve arkadaşları [98], farklı markalarda kayısı, dut, andız, harnup ve üzüm pekmezlerini 25, 35 ve 45°C'de 8 ay süre ile depolamışlar ve depolama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak 5-HMF deki değişimi araştırmışlardır. Bu çalışma da özellikle

45°C'de depolanan örneklerin 5-HMF miktarında depolama süresince çok büyük artış gözlemlenmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin (kuru hava, mikrodalga) süt tozunun 5-HMF içeriğine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, mikrodalga ile kurutulan ürünlerin 5-HMF içeriğinin 12.5–167.6 mg/kg arasında değiştiği, kuru hava muamele edilmiş örneklerde ise bu miktarın 0.3–0.9 mg/kg gibi çok düşük bir değerde değiştiği gözlemlenmiştir [104].

Yine süt tozu ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise depolama süresinin süt tozundaki 5-HMF miktarı üzerine etkisi araştırılmış ve neticede 12 aylık depolama sonunda 5-HMF içeriğinin 5.6 mg/kg'dan 21.35 mg/kg'a çıktığı belirlenmiştir [105].

Mikrodalga ile yapılan patörizasyonun, sütün bileşimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, çiğ sütte, orta ısıl işlem ile ve mikrodalga ile pastörize edilmiş sütte 5-HMF oluşumu gözlenmemiştir. Tatlandırılmış koyulaşmış sütte ve süt tozu ilave edilmiş sütte sırasıyla 5-HMF miktarı, 127 µg/100 g örnek ve 684 µg/100 g olarak bulunmuştur [106].

Farklı nem içeriklerine sahip PST örnekleri (%2.5, %5 ve %7.5) 25, 35 ve 45°C'de sekiz ay boyunca depolanmıştır. Beklenildiği gibi depolama süresine ve sıcaklığına bağlı olarak örneklerdeki 5-HMF miktarı artmıştır. Ayrıca nem içeriğinin değişmesinin de 5-HMF oluşum hızını etkilediği gözlemlenmiştir. Depolama sıcaklığındaki artış, ürünün içerdiği nem miktarının 5-HMF oluşumunu daha fazla etkilediği ortaya çıkarılmıştır. 25°C'de depolanan %2.5, %5 ve %7.5 nem içeriğine sahip örneklerin 5-HMF miktarı depolama boyunca 4.25 mg/kg dan sırasıyla 7.02 mg/kg, 8.18 mg/kg ve 9.41 mg/kg a çıktığı görülmüştür. 45°C'de depolanan %2.5, %5 ve %7.5 nem içeriğine sahip örneklerin 5-HMF miktarının ise sırasıyla 4.25 mg/kg dan 22.47 mg/kg, 43.32 mg/kg ve 128.56 mg/kg miktarına yükseldiği tespit edilmiştir [12].

Katı pekmez örneklerinde pH değerinin (3.5, 6.0), çözünebilir kuru maddenin (%12.8, %36.5, %73.0) ve farklı kurutma sıcaklık derecelerinin (55, 65 ve 75°C), pekmezde 5-HMF oluşum hızına üzerindeki etkileri başka bir çalışmada araştırılmıştır. pH 3.5 değerinde, 5-HMF oluşum hızı daha yüksek bulunmuştur. Kuru maddenin azalması oluşum hızını azaltırken, kurutma sıcaklığının artması oluşum hızını artırmıştır [107].

Bakterilerin ve mayaların 5-HMF degredasyonuna etkisinin incelendiği çalışmada; peynir suyu tozu (PST), süt tozu (ST) ve salep model gıda olarak kullanılmıştır. Bu çalışma verilerine göre PST modelinde *L. casei*'nin 5-HMF miktarını %99.6 oranında azalttığı belirlenmiştir. Süt tozu modelinde ise yine aynı bakterinin, 5-HMF miktarını, %99.3'lük bir azaltmaya neden olduğu saptanmıştır. Salep nümunelerinde ise *L. cremoris*'in %99.4 oranında 5-HMF miktarını azalttığı gözlemlenmiştir. Bakterilerin mayalara göre 5-HMF miktarını daha fazla düşürdüğü ortaya çıkarılmıştır [98].

Depolamanın, sütlü bebek mamasındaki enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, depolama ortamı olarak oksijen veya nitrojen atmosferi seçilmiştir. Ürünler, 20°C'de 90 gün depolanmıştır. Oksijenli ortamda ürünün 5-HMF içeriği 0.54 mg/L'den 2.08 mg/L'ye yükselmiş iken, azot içeren ortamda 1.92 mg/L'ye yükseldiği belirlenmiştir [108].

Farklı yağ içeriğine sahip sütlerin farklı ısıl işlem ile muamele edilmesinin, 5-HMF miktarına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yağ miktarının azalmasıyla 5-HMF miktarının arttığı belirlenmiştir. Pastörizasyon (78°C, 15 s), direk UHT (145°C, 4 s), UHT (148°C, 3.2 s) ve şişede sterilizasyon işlemleri (120°C, 14 dakika) ısıtma yöntemi olarak kullanılmıştır. En yüksek 5-HMF değeri şişede strelizasyon işlemi uygulanan sütte gözlemlenmiştir [109].

Başka bir çalışmada, peynir suyu tozu üretimi için farklı pH değerlerine sahip peynir suyu (4.2, 4.3, 6.9) kullanılmıştır. Bu peynir sularında peynir suyu tozu üretilmiş ve bu örneklerin depolama sırasındaki 5-HMF değişimi incelenmiştir. 6.3 pH'da hazırlanan örneklerin 5-HMF değeri maksimum 1.80 mg/kg iken, 4.9 pH'da üretilen peynir tozu örneklerinde 5-HMF miktarı 6.15 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu değer 4.2 pH'da hazırlanan örneklerde ise 27.30 mg/kg değerinde bulunmuştur [110].

Domuz köftelerine farklı pişirme metotlarının uygulandığı bir çalışmada pişmemiş köftelerin 5-HMF miktarının 3.28 µmol/100 g olduğu belirlenmiştir. Kızartılmış köftelerde bu değerin 22.88 µmol/100 g, mikrodalgada pişirilen köftelerde 16.18 µmol/100 g, siklojet ile pişirilmiş köftede 26.25 µmol/100 g ve buhar konveksiyon sistemiyle çalışan fırında pişirilen örneklerde ise bu değerin 13.63 µmol/100 g olduğu belirlenmiştir [111].

Yine et ürünleriyle ilgili yapılan diğer bir çalışmada domuz pirzolası, balık bifteği ve tavuk hammadde olarak kullanılmıştır ve bu ürünlerin çiğ halinde 5-HMF miktarı sırasıyla 0.56 µmol/100 g, 2.14 µmol/100 g ve 2.58 µmol/100 g bulunmuştur. Tava ile kızartılmış domuz pirzolası ve balık bifteği örneklerinin 5-HMF miktarı 11.55 µmol/100 g ve 5.86 µmol/100 g bulunmuş iken, fırında pişirilmiş domuz ve balık örneklerinin 5-HMF miktarı 23.45 µmol/100 g ve 2.84 µmol/100 g olarak bulunmuştur. Kızartılmış ve fırında pişirilmiş tavuk örneklerinde ise 5-HMF miktarı 5.68 µmol/100 g ve 6.56 µmol/100 g olarak bulunmuştur. Yine aynı çalışmada patateslere ve havuçlara farklı ısıl işlem uygulanarak 5-HMF miktarına bakılmıştır. Çiğ patates ve havuçta 5-HMF miktarı sırasıyla, 0.39 µmol/100 g ve 6.71 µmol/100 g iken, kaynatılmış örneklerde bu değerler 2.97 µmol/100 g ve 8.77 µmol/100 g' dir. Fırında pişirilmiş patateste 5-HMF miktarı 3.06 µmol/100 g bulunmuş iken, havuçta 11.37 µmol/100 g bulunmuştur [112].

Farklı pişirme metotlarının domuz filetoso (bel kısmı), tavuk güveci, pirinç yahnisi ve patates örneklerinin 5-HMF içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da, pişirme metodunun 5-HMF miktarını etkileyen önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Domuz eti fırında 200°C'de 20 dakika pişirildiğinde 5-HMF oluşumu gözlenmezken, yağda 230°C'de her tarafının üçer dakika kızartılması sonucu elde edilen ürünün kuru maddesinin 1 kg'ında 1.02 mg 5-HMF tespit edilmiştir. Bu değerler tuzlu ortamda ürünün pişirilmesi sonucu değişmiştir. Tuz ilave edilen ve fırında pişirilen örneklerde 5-HMF oluşmazken, kızartılan ürünün 1 kg kurumaddesinde 0.43 mg 5-HMF oluştuğu görülmüştür. Tuzsuz ve tuzlu ürünler arasındaki 5-HMF farkının su aktivitesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Tavuk güvecinde ve kızartılmış tavukta, 5-HMF miktarına rastlanılmamıştır. Haşlanmış patateste 1 kg kurumaddede 0.61 mg 5-HMF oluşur iken, kızartılmış patateste bu değer 0.93 mg ile 1.29 mg arasında bulunmuştur [113].

Bisküvilerde, inorganik tuzların (amonyum ve sodyum karbonat), şekerlerin (sukroz ve glukoz) ve pişirme sıcaklığının (180, 200, 210 ve 220°C) ve süresinin (10, 15, 20 ve 25 dakika), 5-HMF üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda inorganik tuz ve şeker çeşidi ve pişirme şartlarının 5-HMF miktarını önemli şekilde etkilediği görülmüştür. Glukoz içermeyen ürünlerde ilk 10 dakika içerisinde dört sıcaklık değerinde de 5-HMF oluşumu gözlenmemiştir. Bu sürede

formülasyona glukoz ilavesinin 5-HMF miktarı üzerinde bir etkisi görülmemiştir. Şekerlerden sadece sukroz ve inorganik tuzlardan da amonyum bi karbonat içeren formülasyon, 5-HMF oluşumunun en yüksek olduğu formülasyon olmuştur. Bu formülasyonda 220°C'de 25 dakika ısıl işlem neticesinde 3493.1 mg/kg 5-HMF miktarı saptanmıştır. Bu değerin aynı formülasyonda sukroz yerine glukoz kullanıldığında 2119.1 mg/kg'a düştüğü görülmüştür. Eğer amonyum bi karbonat yerine sodyum bi karbonat kullanıldığında sukroz içeren formülasyonda 5-HMF miktarı 239.5 mg/kg iken, bu değer, glukoz içeren formülasyonda 1306.9 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu çalışmada pişirme sıcaklığının artırılması 5-HMF miktarını artırdığı görülmüştür [114].

Bisküviler üzerinde yapılan bir diğer çalışmada şeker çeşidinin ve pişirme sıcaklığının 5-HMF miktarı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Formülasyonda sukroz bulunan örneklerin 200°C, 250°C ve 300°C'de pişirilmeleri sonucunda sırasıyla 9.9 mg/kg, 434.5 mg/kg ve 1100.1 mg/kg 5-HMF bulunmuştur. Glukoz içeren örneklerde ise bu değerler, 34.2 mg/kg, 167.4 mg/kg ve 286.7 mg/kg bulunmuştur. Fruktoz içeren bisküvi örneklerinde ise, 39.6 mg/kg, 215.3 mg/kg ve 263 mg/kg bulunmuştur [86].

Hamur formülasyonunun ve fırınlama şartlarının, bisküvilerdeki 5-HMF oranına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, şeker çeşidinin ve konsantrasyonunun, pH'nın, sıcaklık ve sürenin 5-HMF miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. Şeker konsantrasyonun artması, 5-HMF miktarını artırdığı belirlenmiştir. Bu artış glukoz kullanılarak oluşturulan ürünlerde daha belirgindir. pH 3.28'de sukroz içeren ürünün 5-HMF miktarı, glukoz içerenden daha yüksek iken, pH 4.37'de ve pH 7.40'da şekerlerin 5-HMF miktarı üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Önceki bulgulara paralel olarak, 5-HMF miktarının sıcaklık ve süre ile arttığı görülmüştür [115].

Yine bisküviler üzerinde yapılan bir başka çalışmada dokuz farklı bisküvi örneğinin 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Bu ürünlerin, şekillerinde, herbirinin pişirme şartlarında, formülasyonlarında, fermentasyon şartlarında farklılıklar görülmektedir. Bu ürünlerin 5-HMF miktarının 4.1 mg/kg ile 151.2 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir. Örneklerde 5-HMF miktarının farklılığına sebep olan temel faktörlerin; ürün formüsyonundaki farklılıklar (özellikle de pastörize edilmiş sıvı yumurta), pişirme şekli (fırında veya kızartma), pişirme ve kızartma süresi, hamur ağırlığı ve fermentasyon şartları olduğu vugulanmaktadır [68].

İspanya'nın bölgesel yemeklerinden 5-HMF alımının miktarsal değerleri araştırıldığı bir çalışmada sebzeli mercimek yemeği (içindekiler: patates, mercimek, havuç, yeşil biber, domates, soğan, sarımsak, tuz, zaytin yağı ve su), Paella (içindekiler: balık ve deniz ürünleri, yeşil biber, domates, enginar, yeşil bezelye, domuz eti, pirinç, zeytin yağı, tuz, renklendirici, maydanoz, su), sarımsaklı keçi yahnisi (içindekiler: keçi eti, sarımsak, badem, toz kırmızı biber, tuz, su, zeytin yağı), kızartılmış ançüez (içindekiler: ançövi, tuz, buğday unu, zeytin yağı), patates omleti (içindekiler: patates, yumurta, tuz, zeytin yağı), Salmorejo (içindekiler: domates, ekmek, sarımsak, kimyon, tuz, zeytin yağı, sirke) ve Churros (içindekiler: buğday unu, tuz, su, zeytin yağı) yemekleri üzerinde çalışılmıştır. Bu yemek çeşitlerinden mercimek yemeğinde, kızartılmış ançüezde, patates omletinde ve salmorejo örneklerinde 5-HMF miktarı yok denecek kadar az bulunmuştur. Paella'da, sarımsaklı keçi yahnisinde ve Churros'da kg kuru maddede sırasıyla 21.2 mg, 37.9 mg ve 19.5 mg 5-HMF tespit edilmiştir. Bu ürünlerde yüksek miktarda 5-HMF bulunmasının sebebi olarak buğday unundan gelen karbonhidratlardan ve et ürünlerinden gelen proteinlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu yemeklerin bir servisinden alınacak 5-HMF miktarı ise 1109 µg, 2180 µg ve 3231 µg'dır [113].

Fruktoz konsantrasyonunun (0.14M, 0.28M, 0.56M ve 1.11M) ve sıcaklığın (75, 85 ve 95°C) fruktoz karamallerinin 5-HMF miktarına etkisinin araştırıdığı bir çalışmada, fruktoz konsantrasyonunun ve uygulanan sıcaklık derecesinin artmasıyla 5-HMF miktarında ve karamel ürününün esmerleşmesinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. 0.14M fruktoz içeren karamelde 75°C'de saniyede 1mL'de 0.196×10^5 mg 5-HMF oluşurken, bu değer 95°C'de 2.076×10^5 değerine çıkmıştır. 1.11 M fruktoz içeren örnekte ise 75°C'de 1.100×10^5 iken 95 °C'de 20.267×10^5 değerine yükselmiştir. Bu aynı çalışmada, 420 nm'de yapılan absorbans değerinin de 5-HMF ile orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir [116].

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. 5-HMF Miktarı Belirlenen Örnekler

5-HMF analizi yapılan örnekler, Kayseri piyasasından marketlerden temin edilmiştir. 5-HMF analizi yapılan örnekler aşağıda belirtilmiştir.

- Süt ürünleri: Dondurma (karamelli, limonulu, çilekli, kivili, sade, kakaolu) ve peynir (krem ve kaşar peyniri)
- Et ürünleri: Hazır et ve tavuk döner, sucuk, sosis ve salam
- Çikolata: Beyaz çikolata, bitter çikolata, karamelli çikolata
- Bisküvi: Karamelli, tuzlu, kremalı, kakaolu
- Patates cipsi
- Toz çorbalar: Domates ve tavuk
- Pudding: Kakao va vanilya aromalı
- Toz içecekler: Sıcak çikolata, salep, kapuçino
- Kek: Karamelli, meyve aromalı
- Cevizli sucuk ve lokum (meyve aromalı ve sade)
- Gazlı içecekler

Çalışmada her bir örnekten üç farklı marka analiz edilmiştir.

2.1.2. Kullanılan Ekipman ve Kimyasallar

Bu çalışmada HPLC (Agilent, USA), etüv (Memmert, Almanya), santrifüj (Universal, USA), pH metre (Inolab, Almanya), renk tayin cihazı (Lovibond, Kanada), reometre (Termo-Haake, Almanya), ultrasonik banyo (VMR, Malezya), hassas terazi (And, Japonya), vorteks (Ika, Almanya), meyve sıkacağı (Braun, Almanya) kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmada, inülin lifleri (Orafti, Belçika) ile buğday, elma, limon, yulaf ve bezelye lifleri (Herbafood, Almanya) kullanılmıştır.

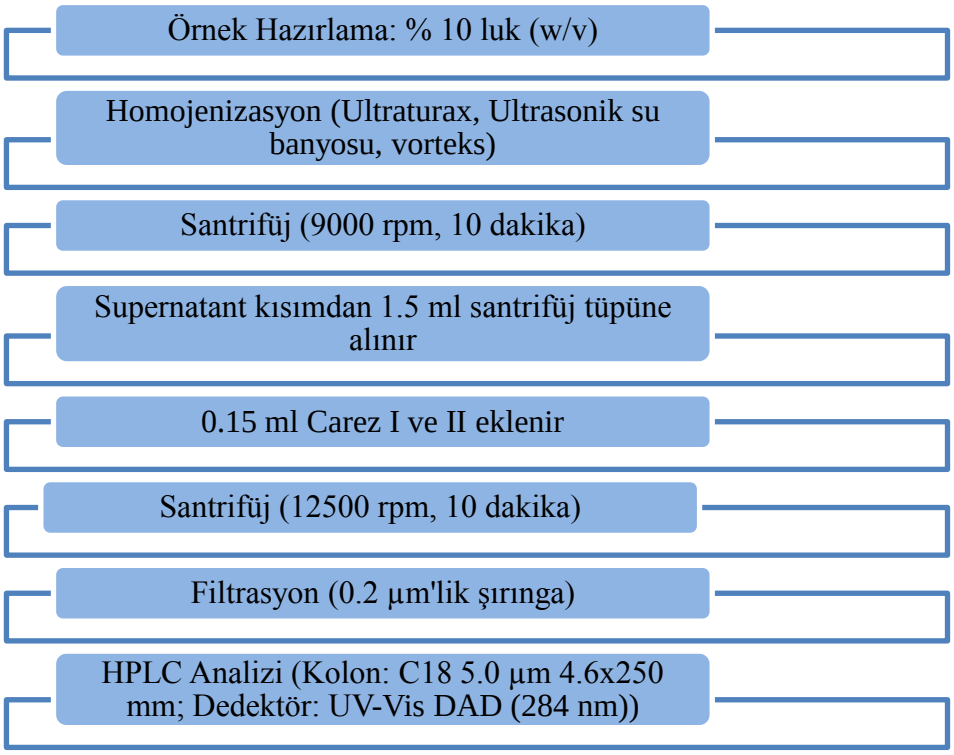
Deneylerde kullanılan kimyasallar; Asetonitril (ACN), Asetik asit, glukoz, fruktoz, inülin, tartarik asit, sitrik asit, malik asit, Carez I, Carez II Merck ve Sigma firmalarından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Değişik Gıda Gruplarındaki 5-HMF Miktarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

2.2.1.1. Örneklerin 5-HMF Analizine Hazırlanması

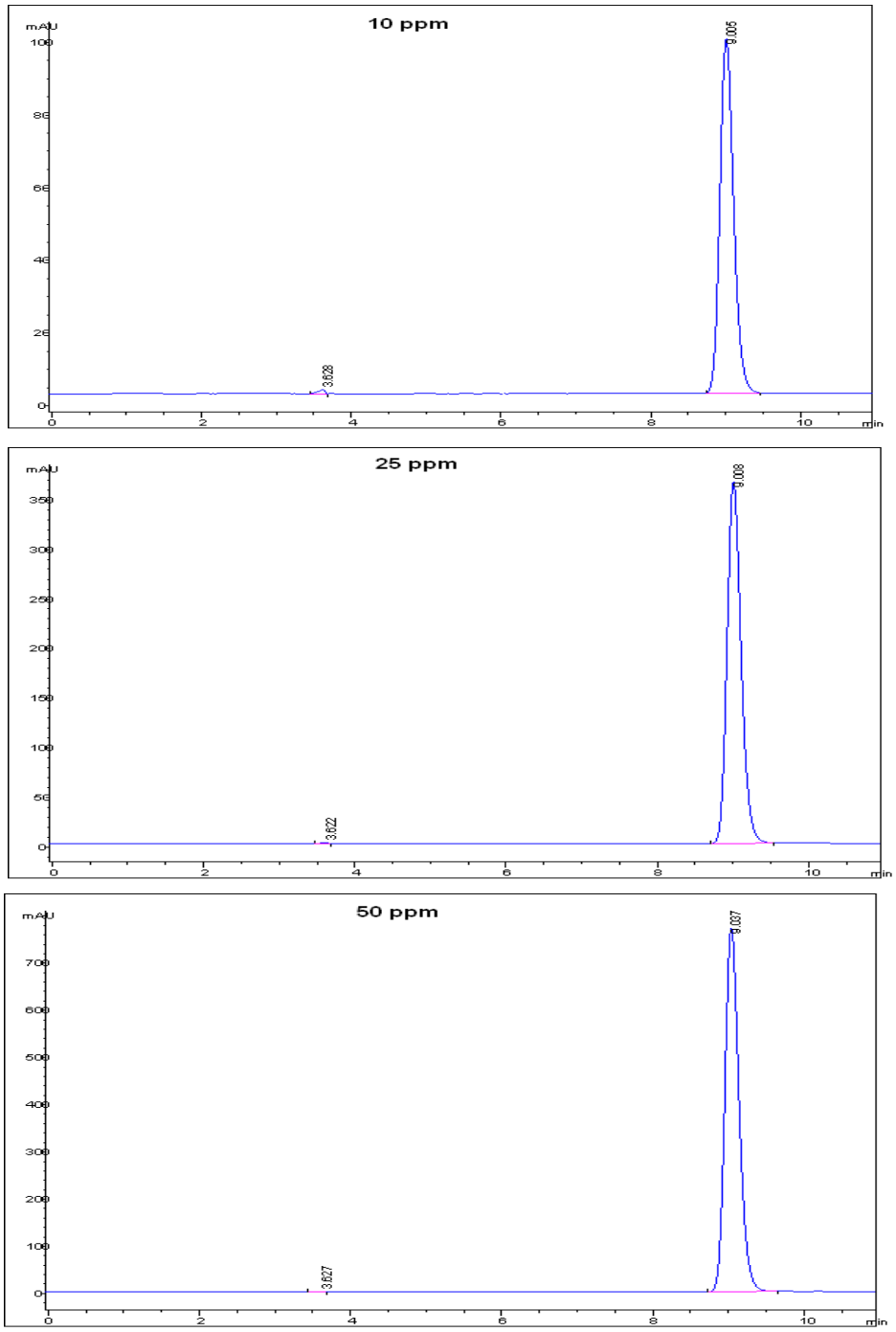
Şekil 2.1, örneklerin 5-HMF tayini için enjeksiyona hazırlanmasını şematize etmektedir. Örneklerin ilk olarak % 10' luk çözeltileri hazırlandı. Katı örneklerin ultraturax (Ika, Almanya) ile tamamen parçalanması sağlandı. Daha sonra elde edilen çözeltiler ultrasonik su banyosu (VMR Ultrasonic Cleaner, Malezya) ve vorteks (Ika Genius 03, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Örneklerin yağının ayrılması ve bazı makromoleküllerin çökmesi için, örnekler 9000 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir (Universal, USA). Yağsız kısımdan 1.5 ml ependorf tüplerine alınmıştır. Üzerine 0.15 ml carez I ve II eklenmiştir. Makromoleküllerin tamamen çökmesi için 12500 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra 1 ml örnek vial tüplerine alınarak HPLC'ye enjeksiyon edilmiştir. Piyasadan toplanan örneklerin 5-HMF miktarının belirlenmesinde autosampler'a sahip Shimadzu marka HPLC (Schimadzu LC 20AD XR, Japonya) kullanılmıştır. 5-HMF miktarının azaltılmasına yönelik yapılan çalışmada ise Agilent marka HPLC (HPLC-DAD, Agilent 1100 Series, Manual Injection quaternary pump, thermostatted column compartment, Diode Array and Multiple Wavelength Detectors, U.S.A) kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Örneklerin 5-HMF analizi için hazırlanması

5-HMF analizinde C 18 kolon kullanılmıştır. Kolon boyutları 4.6x250 mm'dir. Kolon dolgu malzemesi 5 µm çapında oktadesilsilan modifiye silikadır. Kromotogramlar Diode Array Detector (DAD)'da 284 nm dalga boyunda tespit edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µL'dir. Hareketli faz olarak % 1'lik asetik asit içeren ultrasafsu ve asetonitril (95:5) kullanılmıştır. Hareketli fazın akış hızı dakikada 1 mL'dir. Kolon sıcaklığı 25°C olarak ayarlanmıştır. Ortalama basınç 130-140 bar arasında değişmiştir.

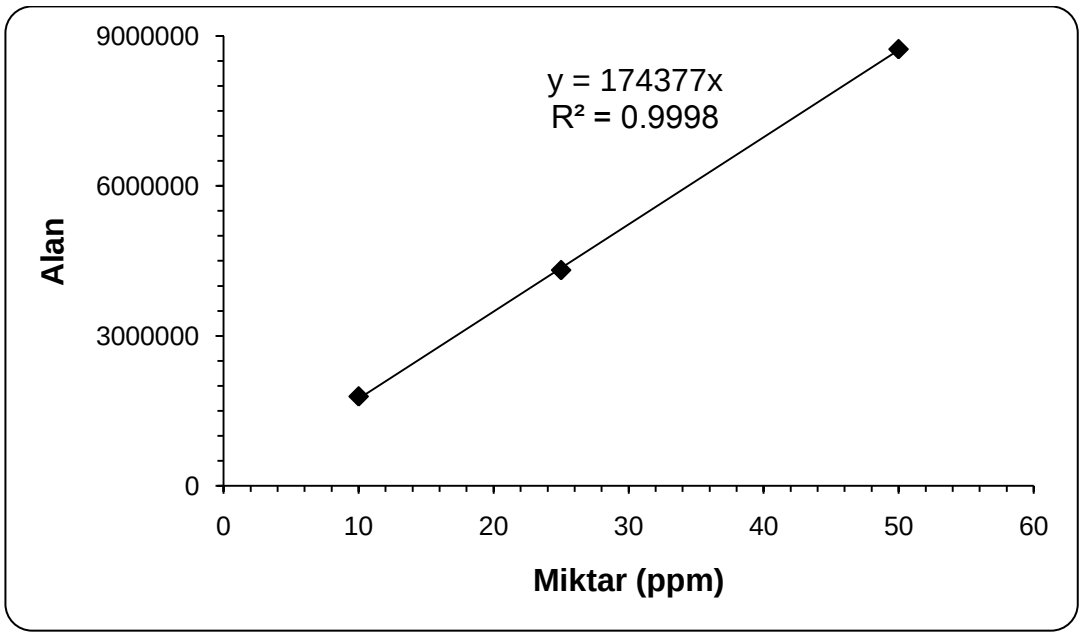
Bu yöntemde, 5-HMF'nin belirlenmesinde kolondan alıkonma süresi esas alınmıştır. Farklı derişimlerde hazırlanan 5-HMF standardı (10 ppm, 25 ppm ve 50 ppm), yukarıda belirtilen şartlarda standart çözeltiler analiz edilerek 5-HMF'nin alıkonma süresi belirlenmiştir. Şekil 2.2, standart 5-HMF çözeltilerine ait kromatogramları göstermektedir.



Şekil 2.2. Standart 5-HMF çözeltilerine ait HPLC kromatogramları

Standart 5-HMF çözeltilerinin HPLC'de analizi yapıldıktan sonra 5-HMF miktarına karşılık alan değerleri elde edilmiştir. Bu datalara lineer regresyon uygulanarak y = 174377 * X şeklinde bir eşitlik bulunmuştur. Bu eşitlikte Y, HPLC'den elde edilen alanı, X ise 5-HMF miktarını (ppm) temsil etmektedir. Bu regresyon modelinin

determinasyon katsayısı (R^2) ise 0.9998 olarak bulunmuştur. Şekil 2.3, alan ve 5-HMF miktarı arasındaki regresyon modelini göstermektedir.



Şekil 2.3. 5-HMF standart çözeltileriyle oluşturulan kalibrasyon grafiği
(y: 5-HMF miktarı (ppm), x: alan)

2.2.1.2. Örneklerin pH Değerlerinin Belirlenmesi

Sıcak çikolata, gazlı içecekler gibi sıvı örneklere pH metre doğrudan daldırılırken, katı örnekler %10'luk çözeltileri hazırlanıp homojenize edildikten sonra aynı pH metre ile örneklerin pH değerleri belirlenmiştir [117].

2.2.2. 5-HMF'nin Azaltılmasına Yönelik Çalışmalar

2.2.2.1. Farklı Asit ve Şeker İçeren Model Ortamlarda Karamel Hazırlanması

Tez çalışmasının bu kısmında üç çeşit şeker (glukoz, fruktoz, sükroz) ve üç çeşit asit (sitrik, malik, tartarik asit) kombinasyonundan toplam dokuz adet karamel örneği hazırlanmıştır. Modelde 10 g şeker, 0.1 g asit ile karıştırılarak üzerine 10 ml su eklenmiştir. Glukoz karamelleri 180°C'de 240 dakika ısıl işleme tabi tutulmuştur (optimum zaman ve sıcaklık derecesi ön denemeler sonucu belirlenmiştir). Diğer örnekler ise 160°C'de 150 dakika tutulmuştur [118].

2.2.2.1.1. Model Karamel Örneklerinde 5-HMF Analizi

Hazırlanan dokuz farklı karamel örneklerinin 5-HMF miktarının belirlenmesi için, % 0.25'lik (ağırlık/hacim) karamel çözeltileri saf su ile hazırlanmıştır. Daha sonra çözelti 0.45 µm'lik filtrelerden geçirilerek HPLC cihazına (HPLC-DAD, Agilent 1100 Series, Manual injection quaternary pump, thermostatted column compartment, Diode Array and Multiple Wavelengths Detectors, U.S.A) enjeksiyon yapılmıştır. 5-HMF analizinde kullanılan kolon ve analiz yöntemi bölüm 2.2.1.1'de belirtilmiştir.

2.2.2.1.2. Model Karamel Örneklerinde Esmerleşmenin Belirlenmesi

420 nm'deki absorbans değeri model ortamdaki kahverengi rengin indikatörü olarak kabul edilmektedir [116]. %10'luk çözeltileri hazırlanan örnekler, 0.45 µm'lik filtrelerden geçirildikten sonra spektrofotometre (Spectro UV–vis Auto, LabomedInc., CA, USA) ile 420 nm'de ölçüm gerçekleştirilerek örneklerin absorbans değeri belirlenmiştir. Ölçümler üç paralel olarak yapılmıştır ve ortalama değerler hesaplanmıştır.

2.2.2.1.3. Model Karamel Örneklerinin pH, °Briks ve Renk Değerlerinin (*L**, *a**, *b**) Belirlenmesi

Örneklerin 25°C'deki pH, briks ve renk değeri sırasıyla pH-metre (WTW-Inolab Level 3 Terminal, Weilheim, Almanya), masa tipi refraktometre (Reichert AR 700, USA) ve kolorimetre (Lovinbond Reflectance Tintometer 962, Kanada) cihazları ile belirlenmiştir. Renk cihazında elde edilen *L** değeri: parlaklık, *a** değeri: kırmızılık ve *b** değeri: sarılık hakkında bilgi vermektedir. Tüm bu analizler de üç paralel olarak yapılmış ve ortalama değerler saptanmıştır.

2.2.2.1.4. Model Karamel Örneklerinin Reolojik Analizleri

Karamel örneklerinin reolojik özellikleri, deformasyon/basınç ilişkisine dayanan sıcaklık kontrol ünitesine (Thermo-Haake, Karlsruhe K15, Almanya) sahip reometre (Thermo-Haake, Rheo-stress 1, Almanya) ile belirlenmiştir. Koni ve plakalı konfigürasyona sahip reometrenin koni yarıçapı 35 mm ve koni ile plaka arsındaki boşluk ise 0.140 mm'dir. Model karamel örneklerinin reolojik ölçümleri, 25°C'de 0.1-100 s^{-1} kesme hızı aralığında yapılmıştır. 0.85 mL karamel örneği koni ve plaka arasına

konduktan sonra ölçüm hemen başlatıldı. Kesme süresince, 10 saniye aralıklarla toplam 20 data elde edildi. Tüm ölçümler beş paralelli olarak yapılmıştır. Görünür viskozite, kesme hızının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre ürünlerin akış davranışına reometre yazılımı kullanılarak karar verilmiştir. Karşılaştırılan modeller ve o modellere ait formülasyonlar aşağıdaki gibidir [119].

Herschel Bulkley Modeli: $\sigma = \sigma_0 + K(\gamma)^n$

Newton Modeli: $\sigma = \eta\gamma$

Ostwald de Waele Modeli: $\sigma = K(\gamma)^n$

Bingham Plastik Modeli: $\sigma = \sigma_0 + \eta'\gamma$

Burada σ, uygulanan basıncı (Pa); γ, kesme hızını (1/s); n, akış davranış indeksini (birimsiz); K, kıvam katsayını (Pa.s^n); η', bingham plastik viskozite değerini (Pa.s) ve σ_0 ise akma (sünme, yield stress) gerilimini (Pa) vermektedir.

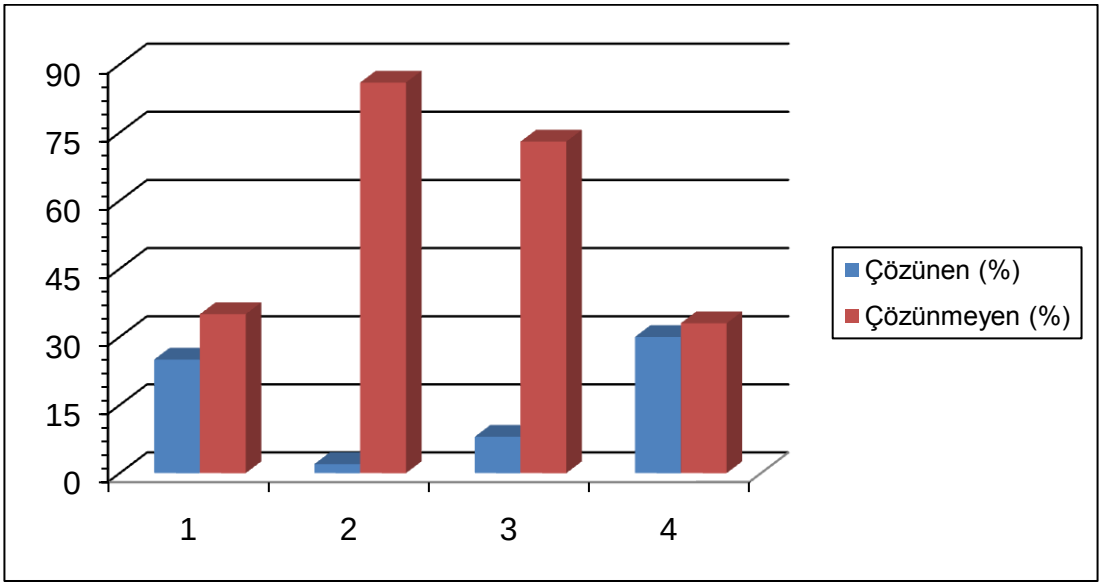
2.2.2.2. Model Karamel Ortamında Lif İlavesi

Model karamel ortamında (5 g şeker, 0.1 g sitrik asit, 10 mL su) %3 oranında (0.5g) 5 farklı inülin, buğday, elma, limon, kayısı ve yulaf lifleri katılarak 130°C'de 1 saat bekletilerek karamel örnekleri hazırlanmıştır. İnülin çeşitlerinin özellikleri Tablo 2.1'de belirtilmiştir. İnülin çeşitlerinin içerikleri hakkındaki bilgiler, üretici firmadan temin edilmiştir.

Tablo 2.1. İnülin çeşitlerinin özellikleri

İnülin Çeşidi	İnülin içeriği	Şeker içeriği	Ortalama DP	Tatlılık
İnülin ST	% 92	% 8	≥ 10	% 10
İnülin GR	% 92	% 8	≥ 10	% 10
İnülin HP	% 100	% 0	>23	% 0
İnülin HPX	% 100	% 0	≥ 23	% 0
İnülin HSI-t	% 86	% 14	< 10	% 20

Şekil 2.4 ise elma, limon, yulaf ve bezelye liflerinin çözünen ve çözünmeyen kısımların yüzdesini vermektedir. Bu bilgiler de üretici firmadan (Orafti, Belçika) temin edilmiştir.



Şekil 2.4. Lif örneklerinin çözünen ve çözünmeyen kısımlarının oranları
(1:elma lifi 2:yulaf lifi, 3: bezelye lifi, 4:limon lifi)

Hazırlanan ürünlerde 5-HMF, pH, renk analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin metotları yukarıda belirtilmiştir. 5-HMF analizi, Şekil 2.1'de belirtildiği gibi yapılmıştır.

2.2.2.3. Model Karamel Ortamında Farklı Sebze ve Meyve Suları ile Yoğurt ve Peynir Suyu ilavesi

Bu kısımda da model karamel ortamına farklı sular ilave edilerek karamel ürünleri oluşturulmuştur. Karamel ortamında sebze sularına ilave olarak yoğurt ve peynir suyu da kullanılmıştır. Peynir suyu Ünal Süt ve Süt Ürünleri Limited Şirketinden temin edilmiş iken, yoğurt suyu piyasadan alınan yoğurdun 5000 rpm'de santrifüjlenmesiyle elde edilmiştir.

2.2.2.3.1.Sebze ve Meyve Sularının Hazırlanması

Marketten alınan maydanoz, dereotu, tere, ekşimen, semiz otu, siyah üzüm, havuç suyu, mor lahana ve pancar yıkanıp küçültülmüştür. Daha sonra da sebze sıkacağında (Braun 4290, Çek Cumhuriyeti), bu sebze ve meyvelerin suları çıkartılmıştır. Elde edilen sebze suları filtre edilerek çözünmeyen partiküllerden arındırılmıştır.

2.2.2.3.2. Farklı Sebze, Meyve ve Serum Suları İlave Edilerek Model Karamel Hazırlanması

5 g şeker, 0.1 g sitrik asit ve 9 mL su üzerine, 1 mL sebze, meyve, yoğurt ve peynir suyu ilave edilerek 130°C'de 60 dakika bekletilmiştir. Oluşturulan farklı karamel örneklerinin 5-HMF içeriği belirlenmiştir. Ayrıca ürünlerin pH, renk, 420 nm'deki absorbans, °Briks ve su aktivitesi değerleri saptanmıştır. Tüm bu analizlerin yapılma şekilleri önceki kısımlarda belirtilmiştir.

2.2.2.4. Cevap Yüzey Metodu Kullanılarak Farklı Sıcaklık ve Süre Uygulamalarının Oluşturulan Model Karamel Örneklerinin Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Tez çalışmasının bu kısmında da farklı sıcaklık ve süre uygulanarak model karamel örnekleri oluşturulmuş ve bu iki bağımsız değişkenin, ürünlerin 5-HMF miktarına, pH, renk, 420 nm'deki absorbans, °Briks ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi cevap yüzey metodu kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmada iki merkez nokta içeren central composite dizayn kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada her bir faktörün üç seviyesi ele alınmıştır. Metodun deney dizaynı Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Sıcaklık değerleri 100°C, 115°C ve 130°C; süre ise 30, 60 ve 90 dakika olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.2. Cevap yüzey metodunun deney noktaları

	Gerçek Değer		Değer Kodları	
Deney	Sıcaklık (°C)	Zaman (dakika)	Sıcaklık (°C)	Zaman (dakika)
1	100	30	-1	-1
2	100	60	-1	0
3	100	90	-1	1
4	115	30	0	-1
5	115	60	0	0
6	115	60	0	0
7	115	90	0	1
8	130	30	1	-1
9	130	60	1	0
10	130	90	1	1

Tablodan da görüldüğü gibi, dizaynda on farklı deneme noktası vardır ve dizayndaki noktalar dikkate alınarak, uygun sıcaklık ve süre uygulanarak on farklı karamel ürünü hazırlanmıştır. Modelin faktörleri sıcaklık ve süre iken, 5-HMF miktarı, pH, °Briks, Absorbans değeri, renk değerleri (*L**, *a**, *b**) ise tepki olarak belirlenmiştir. Analizler neticesinde elde edilen bu tepkiler JMP 5.0.1 istatistik paket programı kullanılarak modellenmiştir.

Cevap yüzey metoduna ek olarak bu kısımda 100°C, 115°C ve 130°C'deki 5-HMF oluşum kinetiği hesaplanmıştır. 5-HMF'nin reaksiyon oluşum sabitini heaplayabilmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\ln [A_t] - \ln [A_0] = kt$$

Bu eşitlikte;

A_0: 5-HMF'nin başlangıçtaki konsantrasyonu (ppm),

k: 5-HMF oluşum sabiti (ppb/dakika),

A_t: t anındaki 5-HMF konsantrasyonu (ppm)

Bu kısımda A_0 değeri 0 ppm olarak alınmıştır. Elde ettiğimiz datalar kullanılarak yukarıdaki eşitliğe göre regresyon modeli oluşturulmuş ve herbir sıcaklık için (100, 115 ve 130°C) *k* değeri belirlenmiştir [121].

k değeri belirlendikten sonra, 5-HMF oluşum sabitinin sıcaklığa bağlı değişimini belirlemek amacıyla da Arrhenius eşitliği kullanılmıştır. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$k = k_R \exp(-E_a/RT)$$

k_R: Arrhenius sabiti (dakika^{-1})

E_a: Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)

R: Gaz sabiti (0.008314 kJ/mol K) [120].

2.3. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin yorumlanması amacıyla uygulanan istatistiksel analizler SPSS 17.0.1 [121]. istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla ANOVA testi uygulanmıştır. Örnekler arasında fark olup olmadığı ise Tukey testi ile tespit edilmiştir. Ayrıca belirlenen parametreler arasındaki ilişkiyi

belirlemek amacıyla korelasyon testi uygulanmıştır. Yapılan istatsitiksel analizlerde anlamlılık düzeyi olarak 0.05 seçilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Farklı Ürünlerin 5-HMF İçerikleri

3.1.1. Süt Ürünlerinin 5-HMF İçeriği

3.1.1.1. Peynir Örneklerinin 5-HMF İçeriği

Piyasadan üç farklı firmaya ait kaşar peyniri ve krem peyniri örneklerinde 5-HMF analizi yapılmıştır. Krem peynirlerin hiçbirisinde 5-HMF'ye rastlanılmazken, kaşar peynir örneklerinin bir tanesinde 0.03 ppm miktarında 5-HMF'ye rastlanılmıştır. Kaşar peynir örneklerinin pH değeri 5.43–5.83 arasında değişirken, krem peynirlerinin 5.79–5.88 arasında değişmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Peynir örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri

Örnek	pH	5-HMF	Örnek	pH	5-HMF
Kaşar 1	5.47 ± 0.23	–	Krem 1	5.88 ± 0.19	–
Kaşar 2	5.83 ± 0.41	–	Krem 2	5.85 ± 0.00	–
Kaşar 3	5.43 ± 0.17	0.03 ± 0.00	Krem 3	5.79 ± 0.31	–

3.1.1.2. Dondurma Örneklerinin 5-HMF İçeriği

Farklı çeşitlerde (sade, kakaolu, kivili, limonlu, karamelli ve çilekli) ve markalarda piyasadan toplanan dondurma örneklerinde 5-HMF analizi yapılmıştır. Tablo 3.2, dondurma örneklerinin pH değerini ve 5-HMF miktarını göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda en fazla 5-HMF'ye karamelli dondurma örneklerinde (14.29–432.62 ppm) rastlanılmıştır. Bu örneklerin pH değerinin ise 5.66 ile 6.34 arasında değiştiği gözlenmiştir. 5-HMF miktarı açısından, karamelli dondurma çeşidini limonlu dondurma

örneklerinin takip ettiği görülmüştür (4.87 ve 7.90 ppm). Limonlu dondurmaların pH değeri, diğer dondurmalara göre genellikle daha düşüktür (3.06 ve 3.23). Sade dondurmaların pH ve 5-HMF değerleri sırasıyla 5.78–6.90 ve 0–5.25 ppm arasında bulunmuştur. Kakaolu dondurmaların pH değeri 6.58 ile 7.12 arasında değişirken, 5-HMF miktarı 0–1.99 ppm arasında tespit edilmiştir. Çilekli dondurma örneklerinin iki markasında 5-HMF miktarına rastlanmazken, diğer üç markanın 5-HMF miktarı, 1.08 ile 3.08 ppm arasında bulunmuştur.

Tablo 3.2. Farklı markalarda çeşitli dondurmaların 5-HMF ve pH değerleri

Örnek	**pH**	**5-HMF**	**Örnek**	**pH**	**5-HMF**
Sade 1	6.29 ± 0.02	-	Kakao 1	6.58 ± 0.02	-
Sade 2	6.97 ± 0.01	-	Kakao 2	7.12 ± 0.02	-
Sade 3	6.25 ± 0.02	-	Kakao 3	6.40 ± 0.03	0.65 ± 0.02
Sade 4	5.78 ± 0.02	1.95 ± 0.05	Kakao 4	7.06 ± 0.02	1.62 ± 0.11
Sade 5	6.70 ± 0.04	2.17 ± 0.07	Kakao 5	6.88 ± 0.01	1.99 ± 0.03
Sade 6	5.83 ± 0.01	5.25 ± 0.57	Kakao 6	6.84 ± 0.01	1.14 ± 0.08
Çilek 1	3.70 ± 0.04	1.53 ± 0.04	Limon 1	3.23 ± 0.02	7.90 ± 0.17
Çilek 2	6.33 ± 0.03	-	Limon 2	3.06 ± 0.01	4.87 ± 0.19
Çilek 3	3.45 ± 0.04	-	Karamel 1	6.34 ± 0.01	14.29 ± 0.55
Çilek 4	5.00 ± 0.03	3.08 ± 0.03	Karamel 2	6.13 ± 0.02	432.62 ±
Çilek 5	4.98 ± 0.02	1.08 ± 0.05	Karamel 3	6.06 ± 0.01	153.86 ±
Kivi 1	3.00 ± 0.04	0.50 ± 0.04	Karamel 4	5.66 ± 0.02	49.38 ± 0.38
Kivi 2	4.30 ± 0.02	0.68 ± 0.02			

Çilekli dondurma örneklerinin pH değerleri 3.45–6.33 arasında ölçülmüştür. Kivili dondurmaların ise 5-HMF içeriği oldukça düşük saptanmıştır (0.50 ve 0.68 ppm). Bu dondurma çeşidinin pH değerleri ise 3.00 ve 4.30 olarak belirlenmiştir.

3.1.2. Et Ürünlerinin 5-HMF İçeriği

3.1.2.1 Döner Örneklerinin 5-HMF İçeriği

Tablo 3.3, piyasadan pişmiş olarak alınan tavuk ve et döner örneklerinin pH değerlerini ve 5-HMF miktarını göstermektedir.

Tablo 3.3. Et ve tavuk döner örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı

Örnek	pH	5-HMF	Örnek	pH	5-HMF
Et döner 1	6.41 ± 0.02	0.39 ± 0.04	T.döner 1	6.18 ± 0.01	0.32 ± 0.05
Et döner 2	6.23 ± 0.02	0.21 ± 0.01	T. döner 2	6.32 ± 0.01	–
Et döner 3	6.34 ± 0.05	0.43 ± 0.02	T. döner 3	6.26 ± 0.02	0.14 ± 0.03

T: Tavuk

Tablodan da görüldüğü gibi et ve tavuk döner örneklerinin 5-HMF miktarı çok düşük bulunmuştur. Tavuk ve et döner örneklerinin 5-HMF miktarı sırasıyla 0–0.32 ppm ve 0.21–0.43 ppm arasında değişirken, pH değerleri tavuk döneri için 6.18–6.32 ve et döneri için ise 6.23–6.41 arasında belirlenmiştir.

3.1.2.2. Sucuk, Sosis ve Salam Örneklerinin 5-HMF İçeriği

Piyasada bulunan üç farklı markadaki sucuk, sosis ve salam örneklerinde 5-HMF analizi ile birlikte bu örneklerin pH değerleri tespit edilmiştir. Tablo 3.4, bu örneklerin analiz sonuçlarını belirtmektedir.

Tablo 3.4. Sucuk, sosis ve salam örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı (ppm)

	Sucuk		Sosis		Salam	
Örnek	pH	5-HMF	pH	5-HMF	pH	5-HMF
1	6.5 ± 0.0	3.5 ± 0.0	6.9 ± 0.0	1.4 ± 0.1	6.9 ± 0.0	0.7 ± 0.0
2	6.0 ± 0.0	7.4 ± 0.6	6.8 ± 0.0	0.6 ± 0.0	6.7 ± 0.0	0.5 ± 0.0
3	5.0 ± 0.0	0.8 ± 0.0	7.0 ± 0.0	0.8 ± 0.0	6.7 ± 0.0	0.7 ± 0.0

Farklı markalardaki sucuk örneklerinin 5-HMF miktarı arasında büyük farklılıklar gözlemlenmiştir. Fakat sosis ve salam örneklerinde markalar arasında bu kadar farklılık görülmemektedir. Sucuk örneklerinin 5-HMF miktarı 0.8–7.4 ppm arasında iken, pH değerleri 5.0–6.5 arasında bulunmuştur. Sosis ve salam örneklerinin 5-HMF miktarı sırasıyla 0.6–1.4 ppm ve 0.5–0.7 ppm arasında saptanırken, pH değerlerinin 6.8–7.0 ve 6.7–6.9 arasında değişmiştiği görülmüştür.

3.1.2.3. Toz İçecek, Hazır Çorba ve Tatlıların pH Değerleri ve 5-HMF Miktarları

Piyasadan sağlanan üç farklı markada kakaolu ve vanilyalı puding tatlıları ile sıcak çikolata, salep ve kapuçino içeceklerinin ve 5-HMF miktarları ve pH değerleri incelenmiştir. Ürünlerde yapılan bu analizler, genel olarak toz formda değil, tüketime hazır sıvı formda gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.5, puding örneklerinin 5-HMF miktarlarını ve pH değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.5. Pudding örneklerinin pH ve 5-HMF değeri

Örnek	**pH**	**5-HMF**	**Örnek**	**pH**	**5-HMF**
Kakao 1	6.89 ± 0.01	0.11 ± 0.01	Vanilya 1	6.97 ± 0.01	0.38 ± 0.03
Kakao 2	6.77 ± 0.01	2.13 ± 0.02	Vanilya 2	5.17 ± 0.01	1.47 ± 0.06
Kakao 3	6.96 ± 0.01	0.11 ± 0.00	Vanilya 3	5.04 ± 0.00	1.09 ± 0.04

Tablodan da görüldüğü gibi kakaolu puding örneklerinin pH değeri 6.77 ile 6.96 arasında değişirken, iki kakaolu puding örneğinin 5-HMF miktarı 0.11 ppm olarak gözlenirken, diğeri 2.13 ppm bulunmuştur. Vanilyalı puding örneklerinin pH değeri 5.04–6.97 arasında değişirken, 5-HMF miktarı 0.38–1.47 ppm arasında belirlenmiştir.

Tablo 3.6, piyasadan üç farklı markadaki sıcak çikolata, salep ve kapuçino örneklerinin tüketime hazır haldeki (ürünlerin hazırlanma talimatına göre hazırlanmıştır) 5-HMF miktarını ve pH değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.6. Bazı toz içeceklerin pH ve 5-HMF değeri (ppm)

	Sıcak çikolata		**Salep**		**Kapuçino**	
Örnek	pH	5-HMF	pH	5-HMF	pH	5-HMF
1	6.9 ± 0.0	9.5 ± 0.2	6.8 ± 0.0	–	6.4 ± 0.0	1.5 ± 0.0
2	7.0 ± 0.0	0.3 ± 0.0	6.6 ± 0.0	–	6.4 ± 0.0	24.3 ± 2.1
3	6.9 ± 0.0	1.5 ± 0.1	6.6 ± 0.0	–	6.4 ± 0.0	15.9 ± 1.2

Sıcak çikolata örneklerinin pH aralığı 6.9–7.0 iken, 5-HMF miktarları 0.3 ppm ile 9.5 ppm arasında değiştiği görülmüştür. Salep örneklerinin hiçbirinde 5-HMF'ye rastlanılmamıştır. Salep içeceklerinin pH değeri ise 6.6–6.8 arasında değişmiştir. Kapuçino örneklerinin pH değeri (6.4) salep ve sıcak çikolataya göre daha düşük

bulunmuştur. Kapuçino örneklerinin 5-HMF miktarı, markalar arasında büyük farklılıklar göstermiştir, yapılan ölçümlerde kapuçino örneklerinin 5-HMF değeri 1.5 ppm, 15.9 ppm ve 24.3 ppm bulunmuştur.

Toz tatlı ve içeceklere ilave olarak üç farklı markada toz domates çorbasının ve tavuk çorbasının (tüketime hazır hal) 5-HMF miktarına ve pH'sına bakılmıştır. Tablo 3.7'de, toz çorba örneklerinde bulunan sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3.7. Toz çorba örneklerinin pH değeri ve 5-HMF miktarı (ppm)

Örnek	**pH**	**5-HMF**	**Örnek**	**pH**	**5-HMF**
Domates 1	4.86 ± 0.01	1.56 ± 0.04	Tavuk 1	5.13 ± 0.02	0.02 ± 0.00
Domates 2	4.69 ± 0.01	0.60 ± 0.01	Tavuk 2	6.25 ± 0.01	–
Domates 3	4.76 ± 0.03	0.28 ± 0.00	Tavuk 3	6.43 ± 0.00	–

Domates çorbası örneklerinin pH değeri 4.69 ile 4.86 arasında gözlenirken, bu değer tavuk çorbası örneklerinde 5.13–6.43 arasında bulunmuştur. Tablodan da gözlemleneceği gibi çorba örneklerinin 5-HMF değeri çok düşük çıkmıştır. Domates çorba örneklerinin 5-HMF içeriği 0.28–1.56 ppm arasında değişirken, tavuk çorba örneklerinin iki markasında 5-HMF gözlemlenememiş, diğer markada 0.02 ppm bulunmuştur.

3.1.2.4. Cips, Kek, Çikolata ve Bisküvi Örneklerinin 5-HMF İçeriği

Piyasadan farklı marka ve çeşitlerdeki cips, kek, çikolata ve bisküvi örneklerinde 5-HMF analizine ilave olarak bu örneklerin pH değerlerine bakılmıştır. Tablo 3.8, cips örneklerinin 5-HMF içerikleri ile pH değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.8. Cips Örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri

Örnek	**pH**	**5-HMF**	**Örne**	**pH**	**5-HMF**
1	6.40 ± 0.01	0.42 ± 0.02	4	6.05 ± 0.01	0.12 ± 0.00
2	6.26 ± 0.02	3.00 ± 0.49	5	6.44 ± 0.04	0.54 ± 0.06
3	6.46 ± 0.04	0.22 ± 0.01	6	6.44 ± 0.01	0.39 ± 0.03

Tablo 3.8'de de belirtildiği gibi cips örneklerinin pH değeri 6.05 ile 6.46 arasında değiştiği gözlenmiştir. İkinci cips örneğinin 5-HMF miktarı 3 ppm iken, diğer beş cips örneğinin 5-HMF içeriği 0.12–0.54 ppm arasında bulunmuştur.

Tablo 3.9 ise farklı çeşit (karamel, kakaolu, meyve aromalı) ve markalardaki kek örneklerinin pH değerleri ile 5-HMF içeriklerini göstermektedir.

Tablo 3.9. Farklı Kek Örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değerleri

Örnek	**pH**	**5-HMF**	**Örne**	**pH**	**5-HMF**
1	6.87 ± 0.02	3.12 ± 0.03	5	6.76 ± 0.01	1.97 ± 0.06
2	6.86 ± 0.02	17.51 ± 0.37	6	6.42 ± 0.01	2.58 ± 0.12
3	6.51 ± 0.01	1.53 ± 0.11	7	6.10 ± 0.02	1.43 ± 0.01
4	5.90 ± 0.01	1.74 ± 0.04			

Marketten alınan farklı kek örneklerinde (kakaolu, meyve aromalı, karamelli) yapılan 5-HMF analizinde en fazla 5-HMF miktarı karamelli kekte, 17.51 ppm olarak bulunmuştur (Tablo 3.9). Diğer örneklerin 5-HMF içeriği birbirine çok yakın değerde olup, 1.43 ppm ile 3.12 ppm arasında değiştiği saptanmıştır, ayrıca kek örneklerinin pH değerleri 5.90–6.87 arasında belirlenmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.10, kakaolu, tuzlu ve farklı çeşitteki (karamel, krema) bisküvi örneklerinin 5-HMF içeriğini ve pH değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.10. Bisküvi Örneklerinin 5-HMF içeriği (ppm) ve pH değeri

	Kakaolu		**Tuzlu**		**Diğer**	
Örnek	pH	5-HMF	pH	5-HMF	pH	5-HMF
1	7.5 ± 0.0	1.6 ± 0.0	7.3 ± 0.0	1.2 ± 0.0	7.4 ± 0.0	1.0 ± 0.1
2	7.6 ± 0.0	1.3 ± 0.1	7.4 ± 0.0	1.5 ± 0.1	7.2 ± 0.0	10.0 ± 0.0
3	6.9 ± 0.0	2.2 ± 0.0	7.1 ± 0.0	2.7 ± 0.4	6.8 ± 0.0	52.1 ± 0.5
4					7.0 ± 0.0	3.3 ± 0.0

Tablodan gözlemlendiği gibi karamelli bisküvi örneklerinin 5-HMF miktarı diğer bisküvi çeşitlerine kıyasla oldukça fazla bulunmuştur. Karamelli bisküvi örneklerinin

birinde 5-HMF miktarı 52.12 ppm bulunmuşken diğer karamelli örnek 9.96 ppm oranında 5-HMF içermektedir. Kakaolu, tuzlu ve kremalı bisküvi örneklerinin ise 5-HMF içeriği birbirine çok yakın olup, 1.15 ppm ile 3.31 ppm arasında tespit edilmiştir. Bisküvi örneklerinin pH değerleri ise 6.84–7.63 arasında belirlenmiştir.

Tablo 3.11'den görüldüğü gibi karamelli çikolata örneklerinin 5-HMF miktarı 4.48 ppm ile 34.60 ppm arasında tespit edilmiştir. Bu örneklerin pH değeri ise 6.67–6.92 arasında değiştiği gözlenmiştir. Beyaz çikolata örneklerinin 5-HMF miktarı oldukça düşük çıkmıştır (0.31–1.93 ppm). Bu örneklerin pH değeri ise 6.81 ile 6.85 arasında bulunmuştur.

Tablo 3.11. Çikolata Örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değeri

	Karamel		**Beyaz**		**Diğer**	
Örnek	pH	5-HMF	pH	5-HMF	pH	5-HMF
1	6.9 ± 0.0	4.5 ± 0.1	6.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	6.9 ± 0.0	4.9 ± 0.0
2	6.8 ± 0.0	34.6 ± 1.3	6.9 ± 0.0	1.9 ± 0.1	7.0 ± 0.0	2.1 ± 0.1
3	6.7 ± 0.0	20.7 ± 0.5	6.8 ± 0.0	0.3 ± 0.0	6.8 ± 0.0	0.7 ± 0.0
4	6.7 ± 0.0	14.6 ± 0.0	**Bitter Çikolata**		6.9 ± 0.0	8.6 ± 0.1
5	6.7 ± 0.0	21.8 ± 0.7	6.9 ± 0.0	7.2 ± 0.1	7.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0
6	6.7 ± 0.0	31.0 ± 1.2	6.4 ± 0.1	0.7 ± 0.0	6.7 ± 0.0	2.6 ± 0.0
7	6.7 ± 0.0	23.6 ± 3.6	6.9 ± 0.0	6.8 ± 0.0	6.9 ± 0.0	11.1 ± 0.1
8					6.9 ± 0.0	2.0 ± 0.0

Bitter çikolata örneklerinin bir markasında 5-HMF içeriği 0.69 ppm bulunmuşken, diğer iki markanın 5-HMF miktarı bu değerden yüksek çıkmıştır (6.81 ppm, 7.23 ppm). Bitter çikolata örneklerinin pH değeri 6.37 ile 6.94 arasında değiştiği gözlenmiştir. Diğer çikolata örneklerinde ise Antep fıstıklı, fındıklı, Hindistan cevizli çikolata çeşitleri bulunmaktadır. Tablo 3.11' den de görebileceğimiz gibi bu çikolata çeşitlerinin 5-HMF miktarı oldukça farklılık göstermiştir (0.73–11.05 ppm). Bu farklı çeşitteki çikolata örneklerinin pH değeri ise 6.74–7.00 arasında olduğu tespit edilmiştir.

3.1.2.5. Lokum ve Benzeri Ürünlerin 5-HMF Miktarı ve pH Değerleri

Piyasadan alınan cevizli sucuk (köme), sade ve aromalı lokum örneklerinin 5-HMF düzeyi ile birlikte bu örneklerin pH değerlerine bakılmıştır. Tablo 3.12, bu örneklerin 5-HMF ve pH değerini göstermektedir.

Tablo 3.12. Lokum ve cevizli sucuk örneklerinin 5-HMF içeriği (ppm) ve pH değeri

	Cevizli sucuk		**Sade Lokum**		**Aromalı lokum**	
Örnek	pH	5-HMF	pH	5-HMF	pH	5-HMF
1	6.1 ± 0.0	37.2 ± 0.2	4.7 ± 0.0	181.6 ± 0.7	4.3 ± 0.0	45.8 ± 3.7
2	6.0 ± 0.0	2.8 ± 0.3	5.0 ± 0.0	137.1 ± 5.5	4.3 ± 0.0	141.8 ± 1.7
3	5.7 ± 0.0	12.4 ± 0.0	4.8 ± 0.0	142.9 ± 0.9	3.8 ± 0.0	32.3 ± 0.9
4			3.8 ± 0.0	23.9 ± 0.1	3.8 ± 0.0	58.8 ± 4.7

Cevizli sucuk örneklerinin 5-HMF miktarı lokum örneklerine göre daha düşük seviyede bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü gibi cevizli sucuk örneklerinin 5-HMF değeri 2.78 ppm ile 37.19 ppm arasında bulunmuştur. Bu örneklerin pH değeri ise 5.74–6.10 arasında çıkmıştır. En fazla 5-HMF miktarına sade lokum örneklerinde rastlanılmıştır. Sade lokum örneklerinde en düşük 5-HMF miktarı 23.93 ppm bulunmuşken, en yüksek 181.57 ppm düzeyinde gözlenmiştir. Diğer iki sade lokum örneğinin 5-HMF konsantrasyonunun ise 137.08 ppm ve 142.86 ppm olduğu tespit edilmiştir. Sade lokum örneklerinin pH aralığı ise 3.77 ile 4.96 arasında bulunmuştur. Aromalı lokum örneklerinde ise 5-HMF miktarı en fazla 141.83 ppm bulunmuşken, diğer üç örneğin içerdiği 5-HMF düzeyi birbirlerine oldukça yakındır (32.28–58.79 ppm). Aromalı lokum örneklerinin pH değerlerinin 3.80 ile 4.25 arasında değiştiği saptanmıştır.

3.1.2.6. Gazlı İçeceklerin 5-HMF Miktarı ve pH Değerleri

Bu bölümde ise kola, fanta, gazoz ve light içeceklerde 5-HMF mikarı ile ürünlerin pH değerleri tespit edilmiştir. Tablo 3.13, ürünlerde yapılan analiz sonuçlarını göstermektedir. Tabloda da belirtildiği gibi kola örneklerinin 5-HMF değeri oldukça düşük çıkmıştır (0.33–1.24 ppm). Kola örneklerinin pH değeri ise 2.59 ile 2.71 arasında bulunmuştur. Fanta örneklerinde en düşük 5-HMF miktarı 0.21 ppm bulunmuşken, diğer iki örnekte bu değer 1.86 ppm ve 2.38 ppm'dir. Bu örneklerin pH değerleri ise 3.12 ile 3.26 arasında değişmiştir. Gazoz örneklerinin hiçbirisinde 5-HMF

gözlemlenmezken, diğer iki örnekte 0.03 ppm ve 2.22 ppm 5-HMF miktarı tespit edilmiştir. Gazoz örneklerinin pH aralığı ise 3.13–3.44'tür. Light içecek örneklerinin 5-HMF miktarı birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır (1.05–1.79 ppm). Bu örneklerin pH değerleri ise 2.87–3.04 arasında bulunmuştur.

Tablo 3.13. Gazlı içeceklerin 5-HMF içeriği ve pH değerleri

Örnek	pH	5-HMF	Örnek	pH	5-HMF
Kola 1	2.59 ± 0.01	1.24 ± 0.01	Gazoz 1	3.13 ± 0.00	0.03 ± 0.00
Kola 2	2.99 ± 0.01	0.37 ± 0.02	Gazoz 2	3.15 ± 0.01	2.22 ± 0.03
Kola 3	2.69 ± 0.01	0.33 ± 0.03	Gazoz 3	3.44 ± 0.01	–
Kola 4	2.71 ± 0.01	3.80 ± 0.07	L.Kola 1	3.04 ± 0.02	1.50 ± 0.00
P.G.İ.1	3.26 ± 0.02	1.86 ± 0.01	L.Kola 2	2.95 ± 0.01	1.79 ± 0.00
P.G.İ.2	3.12 ± 0.01	0.21 ± 0.01	L.Kola 3	2.87 ± 0.01	1.05 ± 0.01
P.G.İ. 3	3.19 ± 0.01	2.38 ± 0.02			

L: Light, P.G.İ: Portakal aromalı gazlı içecek

3.2. 5-HMF'nin Azaltılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Ürünlerde genel olarak 5-HMF taranmasından sonra bu bölümde de 5-HMF'nin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalar ile ilgili bulgular verilecektir. Ürünlerdeki 5-HMF miktarına bakıldığı zaman karamel içeren ürünlerde 5-HMF miktarı oldukça fazla çıkmıştır. Bundan dolayı da 5-HMF'nin azaltılmasına yönelik çalışmalar şeker-asit ortamında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca literatürde de karamel ortamında yapılan çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır.

3.2.1. Farklı Şeker ve Asit Kullanımının Model Karamelin 5-HMF Miktarına, Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Bu kısımda farklı şeker (glukoz, fruktoz, sukroz) asit (malik asit, tartarik asit, sitrik asit) karışımı kullanılarak model karamel ürünleri hazırlanmıştır. Bu ürünlerin reolojik özellikleri, 5-HMF miktarı ve bazı fizikokimyasal özellikleri tespit edilmiştir.

3.2.1.1. Model Karamel Örneklerinin Reolojik Özellikleri

Farklı şeker asit karışımı kullanılarak hazırlanan karamel örneklerinin reolojik analizi 25°C'de 0.1–100 s^{-1} kesme hızı aralığında yapılmıştır. Ürünlerin akış davranışı

belirlenirken dört farklı model (Ostwald de Waele, Bingham, Herschel Bulkley ve Newton) karşılaştırılmış ve R^2 (determinasyon katsayısı) değeri en yüksek olan model, ürünün akış davranışını tanımlayan model olarak belirlenmiştir. Modellere ait parametreler ve kesme hızı 50 s^{-1}'deki viskozite değerleri Tablo 3.14'de verilmiştir. Ürünlerin akış modellerinin belirlenmesinde ilk bakılacak parametre R^2 değerleridir. Tablodan da görüldüğü gibi Ostwald de Waele modelinin R^2 değerleri 0.9996 ile 1.000 arasında değişmektedir. Bu değer, Herschel Bulkley modeli için 0.9242–0.9998 arasında değişirken, Bingham plastik ve Newton akış davranışı için sırasıyla 0.9961–0.9998 ve 0.9616–0.9995 arasında belirlenmiştir. En büyük R^2 değelerine Ostwald modeli sahip olduğundan dolayı bu modelin parametrelerine (kıvam katsayısı, akış davranış indeksi) ANOVA uygulanmıştır. *K* değerleri (kıvam katsayısı) 0.023 $Pa.s^n$ ile 153.399 $Pa.s^n$ arasında değişmiştir. İlk altı örneğin (sukroz ve fruktoz şekerleriyle hazırlanan karamel örnekleri) *K* değerleri arasında istatistikçe önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Yani sukroz ve fruktoz şeker örnekleri arasında istatistiksel olarak fark gözlemlenmemişken ($P>0.05$), karamel yapımında farklı asit kullanımı da ürünlerin *K* değerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($P>0.05$). Glukoz şekeri ile hazırlanan karamel örneklerinin ise *K* değerleri diğer şekerlerden hazırlanan örneklere göre oldukça büyük çıkmıştır. Tartarik asit ile hazırlanan örneğin kıvam katsayısı (153.399 $Pa.s^n$), sitrik asit kullanılarak hazırlanan örnekten (135.429 $Pa.s^n$) daha yüksek gözlenmiştir ($P<0.05$). Fakat malik asit kullanılarak hazırlanan karamel örneğinin *K* değeri (149.971 $Pa.s^n$) ile diğer iki asit çeşidiyle hazırlanan örneklerin *K* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır ($P>0.05$). Örneklerin akış davranış indeksi ise 0.881 ile 1.046 arasında değişmiştir. Üç şeker çeşidiyle hazırlanan örneklerde, farklı asit kullanımının karamel örneklerinin *n* değeri arasında herhangi bir farklılığa yol açmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Glukoz şekeri içeren model karamel örneklerinin *n* değeri, diğer karamel örneklerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Örneklerin 50 $^{s-1}$ kesme hızındaki viskozite değerlerinin (η_{50}) ise 0.025 Pa.s ile 100.132 Pa.s arasında değiştiği Tablo 3.14'de görülmektedir. *K* değerinde olduğu gibi sukroz ve fruktoz içeren örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenememiştir ($P>0.05$). Bu iki şeker ile hazırlanan örneklerin η_{50} değerleri farklı asit kullanımıyla değişmemiştir ($P>0.05$). Glukoz örnekleri ile hazırlanan karamel örneklerinin η_{50} değerleri diğer iki şeker ile hazırlanan örneklere göre oldukça yüksek çıkmıştır. Malik ve tartarik asit içeren karamel örneklerinin η_{50} değerleri arasında

istatisikçe herhangi bir farklılık gözlemlenmemişken (P>0.05), bu iki örneğin η_{50} değeri sitrik asit ile hazırlanan karamel örneğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (P<0.05).

Tablo 3.14. Model Karamel Örneklerinde kullanılan akış davranışlarının parametreleri

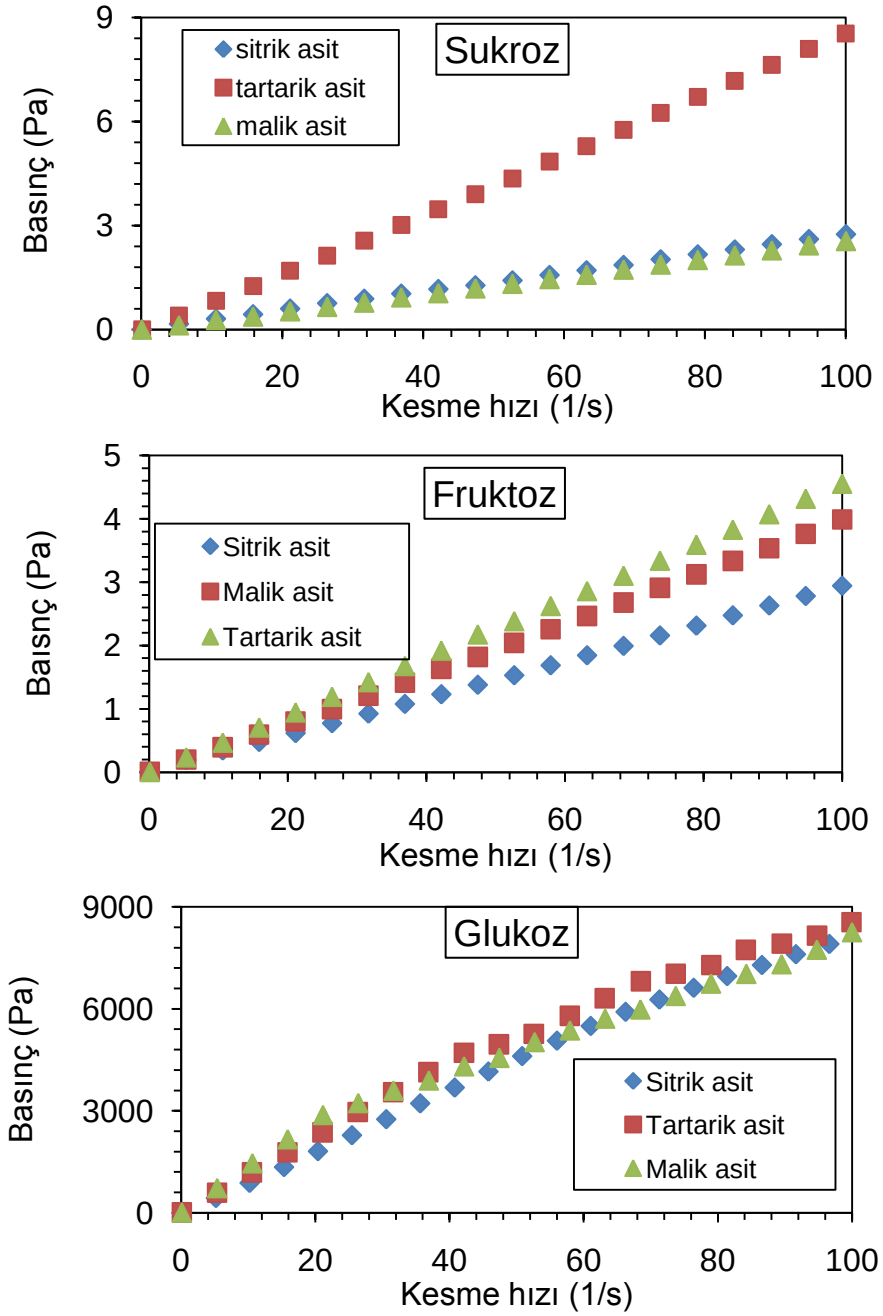
	Ostwald de Waele			**Herschel Bulkley Model**				**Bingham Plastik**			**Newton**		
Örnek	K(Pa.s^n)	N	R^2	σ_0 (Pa)	K	N	R^2	σ_0 (Pa)	n	R^2	η	R^2	η_{50}
1	0.029^c	0.993^{ab}	0.999	0.023	0.026	1.01	0.999	-0.018	0.027	0.999	0.027	0.999	0.027^c
2	0.069^c	1.046^a	1.000	0.018	0.069	1.04	0.999	-0.137	0.086	0.999	0.084	0.999	0.083^c
3	0.023^c	1.025^a	0.999	0.005	0.022	1.03	0.999	-0.024	0.026	0.999	0.025	0.999	0.025^c
4	0.029^c	1.002^{ab}	0.999	0.032	0.026	1.02	0.999	-0.018	0.029	0.999	0.029	0.996	0.029^c
5	0.034^c	1.037^a	1.000	0.012	0.032	1.04	0.999	-0.040	0.040	0.999	0.039	0.994	0.039^c
6	0.045^c	1.006^{ab}	0.999	-0.006	0.045	1.00	0.999	-0.045	0.046	0.999	0.045	0.997	0.045^c
7	135.429^b	0.895^{bc}	0.999	-	155.96	0.86	0.999	170.98	95.157	0.996	97.963	0.973	87.713^b
8	149.971^a	0.881^c	0.999	-	171.93	0.85	0.999	197.55	101.83	0.998	105.23	0.961	100.132^a
9	153.399^a	0.904^{bc}	0.999	-47.430	161.48	0.89	0.924	78.073	130.45	0.998	132.23	0.999	95.379^a

*Aynı sütundaki farklı harfler sutündaki değerler arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

K: kıvam katsayısı, n: akış davranış indeksi, σ_0: yield stress, η: viskozite, η_{50}: kesme hızı 50 s^{-1} deki viskozite

1: Sukroz + Sitrik asit, 2: Sukroz + Tartarik asit, 3: Sukroz + Malik asit, 4: Fruktoz + Sitrik asit, 5: Fruktoz + Malik asit, 6: Fruktoz +Tartarik asit, 7: Glukoz + Sitrik asit, 8: Glukoz + Malik asit, 9: Glukoz + Tartarik asit

Şekil 3.1. farklı asit şeker içeren karamel örneklerinin kesme hızı-basınç grafiklerini göstermektedir. Örneklerin kesme hızına karşılık basınç grafiği incelendiğinde (grafik eğrisindeki bükülme x eksenine doğru olduğundan) viskozite değerlerinin kesme hızının artmasıyla azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1. Model karamel örneklerinin kesme hızı ile basınç grafiği

3.2.1.2. Model Karamel Örneklerinde Yapılan Diğer Analiz Sonuçları

Reolojik özelliklere ilave olarak farklı şeker asit içeren karamel örneklerinin pH değeri, brix değeri, renk değerleri (*L*, a*, b**) ve 420 nm'de belirlenen absorbans değerleri belirlenmiştir. Tablo 3.15'de, bu farklı örneklerin 5-HMF konsatrasyonu ile birlikte pH, brix ve absorbans değerlerini gösterilmektedir.

Tablo 3.15. Model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı, pH, °Brix ve absorbans değeri

Örnek	5-HMF (ppm)	pH	Brix	Abs (420 nm)
1	4124.32 ± 94.16^{a}	2.23 ± 0.02^{b}	56.95 ± 0.10^{h}	0.749 ± 0.022^{a}
2	1484.98 ± 8.39^{f}	2.06 ± 0.01^{e}	64.34 ± 0.01^{d}	0.473 ± 0.026^{e}
3	3146.54 ± 50.87^{b}	2.26 ± 0.01^{ab}	56.68 ± 0.01^{h}	0.697 ± 0.005^{b}
4	3008.82 ± 85.32^{c}	2.27 ± 0.01^{ab}	58.13 ± 0.02^{g}	0.635 ± 0.029^{cd}
5	2410.57 ± 17.03^{e}	2.29 ± 0.00^{a}	59.94 ± 0.01^{f}	0.661 ± 0.023^{bc}
6	2612.21 ± 36.91^{d}	2.12 ± 0.01^{c}	61.20 ± 0.04^{e}	0.606 ± 0.017^{d}
7	189.02 ± 4.26^{g}	2.07 ± 0.02^{de}	83.28 ± 0.13^{a}	0.070 ± 0.001^{f}
8	101.14 ± 2.56^{g}	2.10 ± 0.02^{cd}	78.92 ± 0.36^{c}	0.053 ± 0.002^{f}
9	161.53 ± 6.10^{g}	1.93 ± 0.03^{f}	80.72 ± 0.93^{b}	0.088 ± 0.002^{f}

*Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir ($P<0.05$)

1: Sukroz + Sitrik asit, 2: Sukroz + Tartarik asit, 3: Sukroz + Malik asit, 4: Fruktoz + Sitrik asit, 5: Fruktoz + Malik asit, 6: Fruktoz + Tartarik asit, 7: Glukoz + Sitrik asit, 8: Glukoz + Malik asit, 9: Glukoz + Tartarik asit

Tablo 3.15'de görülebileceği gibi asit sabit tutulup, şeker tipi değiştirildiğinde 5-HMF miktarında önemli bir değişme gözlemlenmektedir ($P<0.05$). Tablo 3.2.1.2'ye bakıldığında göz gezdirdiğimizde en yüksek 5-HMF'nin (4124.32 ppm) sukroz ve sitrik asit ile hazırlanan model karamel örneğinde oluştuğu tespit edilmiştir. 5-HMF ikinci olarak en fazla (3146.54 ppm) sukroz malik asit model karışımında görülmektedir. Sukroz ve fruktoz şekerlerinden hazırlanan 5-HMF örneklerini incelediğimizde farklı asit kullanımının 5-HMF miktarını önemli derecede etkilediği görülmektedir ($P<0.05$). Bu iki şeker tipinde de sitrik asit kullanıldığında 5-HMF oluşumu maksimum olurken, tartarik asit kullanıldığında 5-HMF miktarı minimuma düştüğü görülmüştür. Glukoz kullanılarak hazırlanan karamel örneklerinde ise 5-HMF miktarı diğer iki şekere göre

oldukça düşük çıkmıştır. Ve farklı asitlerle hazırlanan glukoz karamellerinin 5-HMF miktarı arasında anlamlı bir farklılık gözlenememiştir (P>0.05).

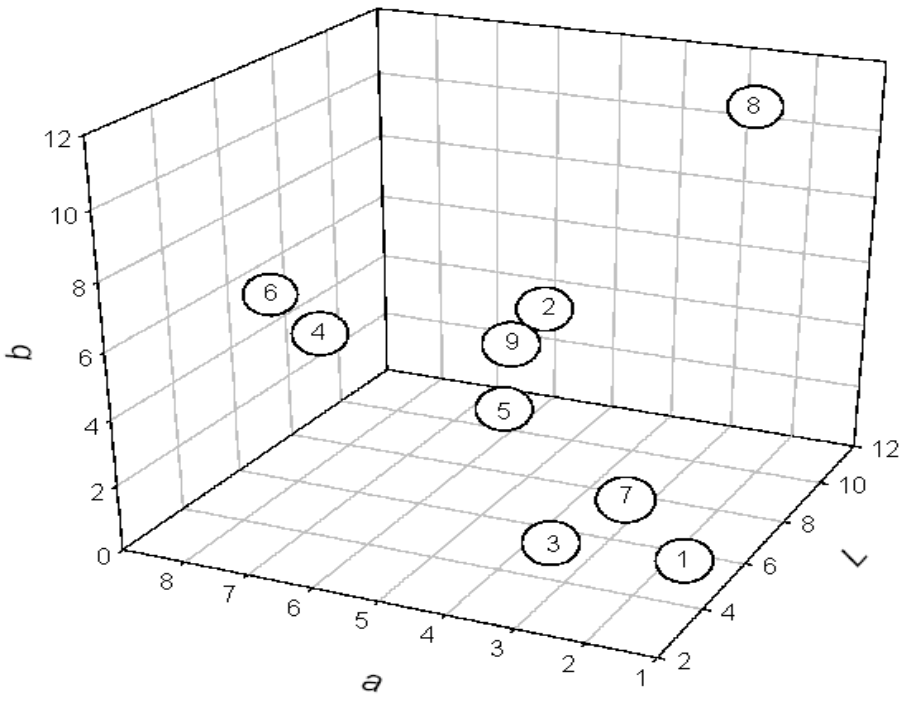
Model karamel örneklerinin pH değeri 1.93 ile 2.29 arasında değişmektedir. En yüksek pH değerine fruktoz ile malik asit kullanılarak hazırlanan model karamel örneği sahiptir. Sukroz model karamellerinde sitrik asit ile malik asit kullanımı pH üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05). Yine benzer olarak fruktoz ve glukoz model karamellerinde ise sitrik asit ile malik asit kullanımı pH değeri üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır (P>0.05).

Farklı asit ve şeker kullanılarak hazırlanan model karamel örneklerinin °Briks değeri 56.68 ile 83.28 arasında değişmiştiği gözlemlenmiştir. Tablo 3.15'de görüldüğü gibi modelde farklı asit veya şeker kullanıldığında örneklerin °Briks değerinin önemli derecede değiştiği tespit edilmiştir (P<0.05). En yüksek °Briks değerlerine ise glukoz model karamellerinde rastlanılmıştır.

420 nm'de ölçülen absorbans değerleri, model örneklerde oluşan kahverengileşme hakkında bilgi vermektedir. En yüksek absorbans değeri (0.749), sitrik asit kullanılan sukroz model karamelinde gözlenmiştir. Sukroz model karamellerinde kullanılan üç farklı asit arasında da önemli farklılıklar saptanmıştır (P<0.05). Fruktoz model karamellerinde malik asit ile tartarik asit kullanılarak hazırlanan örneklerin absorbans değerleri arasında istatistikçe önemli bir farklılık gözlemlenirken (P<0.05), sitrik asit kullanımı bu iki örneğe göre önemli bir farklılığa neden olmadığı ortaya çıkmıştır (P>0.05). Glukoz model örneklerinde kullanılan asit çeşidinin değiştirilmesi absorbans değerleri arasında önemli bir farklılığa neden olmamıştır (P>0.05). Model uygulamalarda, asitler sabit tutulup, şekerlerin etkisi araştırıldığında şekerlerin absorbans değeri üzerinde anlamlı bir değişikliğe neden olduğu belirlenmiştir (P>0.05).

Bu analizlere ilave olarak model karamel örneklerinin renk değerleri (L^*, a^*, b^*) belirlenmiştir. Şekil 3.2, dokuz farklı örneğin L^*, a^* ve b^* değerlerini göstermektedir. Örneklerin L^*, a^* ve b^* değerleri sırasıyla 3.26–9.86, 1.39–8.00 ve 1.08–11.23 arasında değiştiği bulunmuştur. Model karamel yapımında farklı asit ve şeker kullanımı renk değerlerini önemli derecede etkilediği (P<0.05) tespit edilmiştir. L^* değerinin en yüksek olduğu model örnek, malik asit ile hazırlanan glukoz karameli iken, en düşük olduğu

örnek sitirk asit ile hazırlanan glukoz model karamelidir. *a** değeri en yüksek tartarik asit ile hazırlanan model fruktoz karamelinde gözlemlenirken, bu değerin en düşük olduğu örnek sitrik asit ile hazırlanan sukroz karamelidir. En yüksek *b** değerine ise malik asit ile hazırlanan glukoz karameli sahip iken, en düşük *b** değerine ise yine sitrik asit ile hazırlanan model sukroz karamelinin sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.2. Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan model karamel örneklerinin *L**, *a** ve *b** değerleri (1: Sukroz + Sitrik asit, 2: Sukroz + Tartarik asit, 3: Sukroz + Malik asit, 4: Fruktoz + Sitrik asit, 5: Fruktoz + Malik asit, 6: Fruktoz + Tartarik asit, 7: Glukoz + Sitrik asit, 8: Glukoz + Malik asit, 9: Glukoz + Tartarik asit)

3.2.1.3 Analiz Sonucunda Elde Edilen Parametreler Arasındaki İlişkinin Tespiti

Bu kısımda da karamel örneklerinin analiz edilen parametrelerin (reolojik parametreler, 5-HMF miktarı, pH, °Briks, absorbans, renk değerleri (*L**, *a**, *b**) arasında ilişkinin olup olmadığı, eğer ilişki varsa bu ilişkinin yönü (pozitif veya negatif) belirlenmiştir. Tablo 3.16, model karamel örneklerinde analiz edilen parametreler arasındaki korelasyon katsayılarını göstermektedir. 5-HMF ile kıvam katsayısı (*K*), kesme hızı 50

s^{-1}'deki viskozite değeri (η_{50}) ve °Briks değerleri arasında negatif yönde kuvvetli bir korelasyon olduğu tespit edilirken, absorbans değeri ile de pozitif yönde güçlü bir ilişki söz konusudur. 5-HMF ile pH arasında da diğerleri kadar güçlü olmasa da pozitif yönde bir korelasyon tespit edilmiştir. *K* değeri ile η_{50} ve °Briks değerleri arasında pozitif bir korelasyon gözlemlenirken, n ve absorbans değerleri arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir. n değerleri ile η_{50} ve °Briks değerleri arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. η_{50} ile °Briks arasındaki korelasyon pozitif iken, absorbans ile aralarında negatif yönde bir ilişki mevcuttur. °Briks ile absorbans arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Renk değerleri incelendiğinde ise L^* ile b^* değerleri arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir.

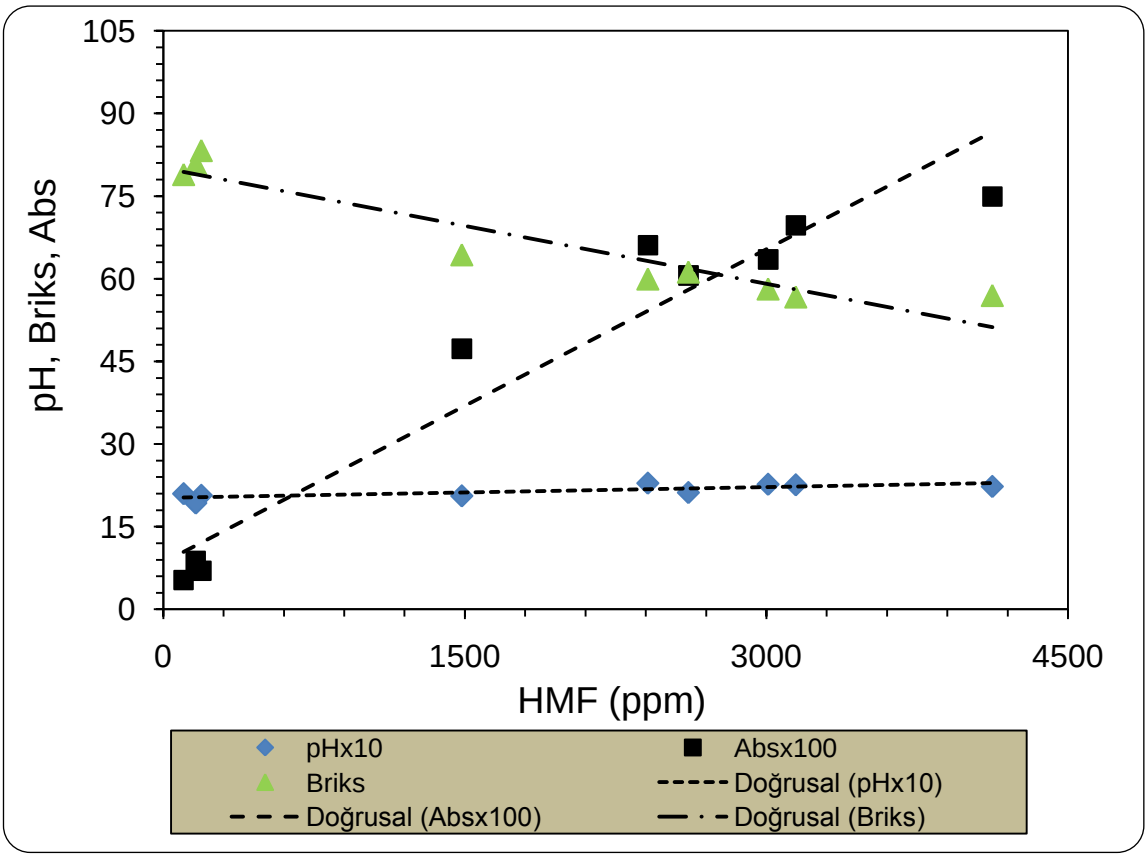
Tablo 3.16. Parametreler arasındaki korelasyon katsayısı

Parametre	5-HMF	*K*	*n*	η_{50}	pH	Brix	Abs.	*L**	*a**	*b**
5-HMF	1.000									
K	-0.882**	1.000								
n	0.663**	-0.829**	1.000							
η_{50}	-0.884**	0.999**	-0.835**	1.000						
pH	0.781**	-0.705**	0.536**	-0.691**	1.000					
Brix	-0.947**	0.961**	-0.796**	0.962**	-0.782**	1.000				
Absorbans	0.964**	-0.882**	0.663**	-0.884**	0.780**	-0.987**	1.000			
*L**	-0.404*	0.339	-0.278	0.362	-0.236	0.293	-0.393*	1.000		
*a**	0.209	-0.396*	0.343	-0.405*	0.066	-0.342	0.309	-0.049	1.000	
*b**	-0.621**	0.462*	-0.342	0.475*	-0.434*	0.461*	-0.564**	0.855**	0.269	1.000

** Korelasyon 0.01 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

*Korelasyon 0.05 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

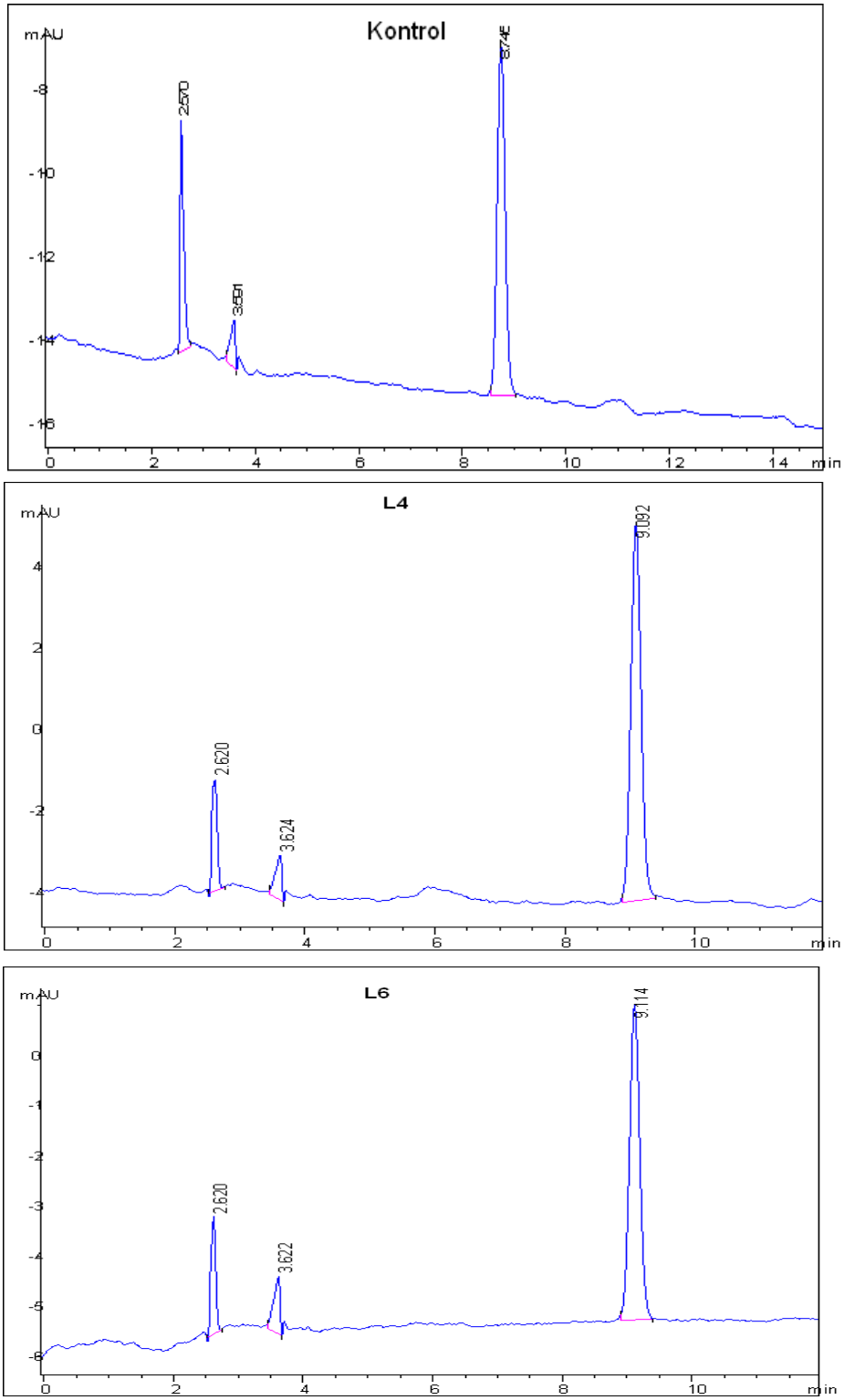
Parametreler arasındaki korelasyon tespitinden sonra üründeki 5-HMF miktarının diğer parametrelere bağlı tahmininin belirlenmesi için, pH, °Briks, absorbans ile 5-HMF değerlerine çoklu regresyon uygulanmıştır. Şekil 3.3, bu parametreler arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin yönünü göstermektedir.



Şekil 3.3. Farklı şeker, asit kullanılarak hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ile pH, °Briks ve absorbans değerleri arasındaki ilişki

3.2.2. Model Karamel Ortamında Lif İlavesinin Ürünün 5-HMF İçeriğine ve Diğer Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışmanın bu kısmında model karamel ortamına onbir farklı lif ilave edilmiş ve bu liflerin oluşan model karamel örneklerinin 5-HMF miktarına ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Şekil 3.4, bazı örneklere ait HPLC kromatogramlarını göstermektedir.



Şekil 3.4. L1, L4 ve L6 örneklerine ait 5-HMF düzeyini gösteren HPLC kromatogramları

Tablo 3.17, analizlerde elde edilen sonuçları göstermektedir. L1 ile kodlandırılan kontrol örneğinin 5-HMF miktarı 77.61 ppb bulunmuştur. Farklı tip inülin içeren L2, L3, L4, L5, L6 ve L7 (liflerin özellikleri materyal metot kısmında belirtilmiştir) örneklerinin 5-HMF miktarı ise sırasıyla 97.76 ppb, 85.46 ppb, 60.83 ppb, 88.02 ppb, 61.44 ppb ve 28.48 ppb olarak bulunmuştur. Buğday, elma, bezelye ve yulaf lifleri ilave edilmiş model karamel örnekleri ise 36.40 ppb, 28.35 ppb, 7.05 ppb ve 38.63 ppb düzeyinde 5-HMF içermektedir. Genel olarak baktığımızda farklı lif ilavesi 5-HMF miktarı açısından istatistikçe önemli farklılıklar oluşturmaktadır ($P<0.05$).

Lif ilave edilmiş model karamel örneklerinin pH değeri, 2.21 ile 2.93 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük pH değerine (2.21) lif ilave edilmeyen kontrol örneği sahip iken en yüksek pH (2.93), bezelye lifi ilave edilmiş örnekte gözlemlenmiştir. Lif ilavesinin oluşan model karamel ürünlerinin renk özelliklerini (L^*, a^* ve b^*) önemli derecede etkilediği belirlenmiştir ($P<0.05$). Örneklerin L^*, a^* ve b^* değerleri sırasıyla 8.28–24.35, -0.95–6.71 ve -0.85-13.33 arasında bulunmuştur. En yüksek L^* değerine (24.35) limon lifi ilave edilmiş örnek sahip iken, en düşük L^* değerine ise (8.28) kontrol örneği sahiptir. a^* değerleri elma lifi ilave edilmiş model karamel örneği haricinde negatif bulunmuştur ve en düşük a^* değerine (-0.95) buğday lifi ilave edilmiş örnek sahiptir. Farklı lif ilave edilmiş model karamel örneklerinin b^* değerleri kontrol edildiğinde ise en düşük (-0.85) ve en yüksek değere (13.33) sırasıyla yulaf ve elma lifi ilave edilmiş örneğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.17. Lif ilave edilmiş model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ve diğer özellikleri

Örnek	5-HMF (ppb)	pH	*L**	*a**	*b**	°Briks	a_w	Abs ($\times 10^2$)
L1	77.61 ± 1.51^{c}	2.21 ± 0.00^{j}	8.28 ± 0.05^{h}	-0.60 ± 0.04^{d}	-0.31 ± 0.02^{d}	33.54 ± 0.02^{h}	0.933 ± 0.002^{e}	7.71 ± 0.20^{e}
L2	97.76 ± 1.59^{a}	2.24 ± 0.00^{ij}	11.36 ± 0.11^{e}	-0.66 ± 0.02^{de}	-0.32 ± 0.03^{de}	36.62 ± 0.01^{cd}	0.934 ± 0.001^{de}	-0.54 ± 0.08^{g}
L3	85.46 ± 1.02^{b}	2.26 ± 0.01^{hı}	8.78 ± 0.10^{g}	-0.44 ± 0.01^{c}	-0.36 ± 0.05^{de}	36.90 ± 0.02^{ab}	0.936 ± 0.001^{de}	-0.50 ± 0.02^{g}
L4	60.83 ± 1.27^{d}	2.28 ± 0.01^{gh}	9.63 ± 0.05^{f}	-0.70 ± 0.01^{f}	-0.56 ± 0.01^{fg}	36.42 ± 0.01^{d}	0.939 ± 0.000^{cde}	-0.40 ± 0.02^{g}
L5	88.02 ± 0.81^{b}	2.28 ± 0.01^{gh}	11.18 ± 0.12^{e}	-0.61 ± 0.01^{d}	-0.45 ± 0.02^{ef}	37.01 ± 0.02^{a}	0.939 ± 0.001^{cde}	-0.57 ± 0.04^{g}
L6	61.44 ± 2.33^{d}	2.30 ± 0.03^{fg}	8.87 ± 0.07^{g}	-0.65 ± 0.02^{de}	-0.72 ± 0.02^{hı}	36.80 ± 0.01^{bc}	0.940 ± 0.000^{bcd}	-3.22 ± 0.31^{h}
L7	28.48 ± 0.82^{f}	2.32 ± 0.01^{e}	11.13 ± 0.16^{e}	-0.95 ± 0.02^{g}	-0.64 ± 0.02^{gh}	34.28 ± 0.06^{g}	0.945 ± 0.000^{ab}	4.63 ± 0.08^{f}
L8	36.40 ± 2.10^{e}	2.57 ± 0.01^{c}	17.00 ± 0.30^{c}	6.71 ± 0.08^{a}	13.33 ± 0.10^{a}	35.29 ± 0.01^{e}	0.949 ± 0.001^{a}	19.17 ± 0.07^{b}
L9	28.35 ± 0.95^{f}	2.60 ± 0.01^{b}	24.35 ± 0.21^{a}	-0.58 ± 0.04^{d}	1.56 ± 0.08^{c}	33.46 ± 0.02^{h}	0.950 ± 0.001^{a}	43.90 ± 0.85^{a}
L10	7.05 ± 0.98^{g}	2.93 ± 0.01^{a}	23.11 ± 0.11^{b}	-0.28 ± 0.01^{b}	3.60 ± 0.02^{b}	34.39 ± 0.21^{g}	0.945 ± 0.001^{ab}	13.79 ± 0.08^{c}
L11	38.63 ± 1.22^{e}	2.38 ± 0.02^{d}	12.00 ± 0.09^{d}	-0.91 ± 0.01^{g}	-0.85 ± 0.02^{j}	34.68 ± 0.09^{f}	0.944 ± 0.003^{abc}	12.64 ± 0.22^{d}

Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($P<0.05$).

L1: Kontrol (lif ilave edilmemiş örnek), L2:ST tipi inülin ilave edilmiş örnek, L3: HSI-t tipi inülin ilave edilmiş örnek L4: HP tipi inülin ilave edilmiş örnek, L5: GR tipi inülin ilave edilmiş örnek, L6: HPX tipi inülin ilave edilmiş örnek, L7: Buğday lifi ilave edilmiş örnek, L8: Elma lifi ilave edilmiş örnek, L9: Limon lifi ilave edilmiş örnek, L10: Bezelye lifi ilave edilmiş örnek, L11: Yulaf lifi ilave edilmiş örnek

°Briks değerleri incelendiğinde, örnekler arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir ($P<0.05$). Örneklerin °Briks değeri 33.46 ile 36.90 arasında bulunurken, en düşük °Briks değeri kontrol örneğinde ve limon lifi ilave edilmiş örnekte tespit edilmiştir. En yüksek °Briks değerine ise GR ve HSI-t tipi inülin içeren karamel örneklerinde rastlanılmıştır.

Örneklerin su aktivitesi değerlerine bakıldığında, lif ilavesinin su aktivitesi (a_w) değerlerini diğer parametreler kadar etkilemediği gözlemlenmiştir. Model karamel örneklerinin a_w değeri 0.933 ile 0.950 arasında değiştiği saptanmıştır. HPX, HSI-t, HP ve GR tipi inülin ilave edilen karamel örnekleri ile kontrol örneği arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($P>0.05$). Yine buğday, elma, limon, bezelye ve yulaf ilave edilmiş örneklerin a_w değerleri arasında da istatistikçe önemli bir fark belirlenmemiştir ($P>0.05$). Fakat bu grubun a_w değerleri (buğday, elma, limon, bezelye ve yulaf), kontrol grubundan (kontrol ve HPX, HSI-t, HP ve GR tipi inülin ilave edilen karamel örnekler) daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$).

Lif ilave edilen model karamel örneklerinin 420 nm'deki absorbans değerleri (absorbansın 100 ile çarpılmış hali) incelendiğinde, örneklerin absorbans değerlerinin -3.22 ile 43.90 arasında değiştiği bulunmuştur. Lif ilaveli örneklerin absorbans değeri ile kontrol örneği karşılaştırıldığında aralarında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir ($P<0.05$). En yüksek absorbans değerine (43.90×10^{-2}) sahip örneğin limon lifi ilave edilen örnek olduğu tespit edilmiştir. En küçük absorbans değeri ise (-3.22×10^{-2}) ile ST tipi inülin ilave edilen örnek olduğu görülmektedir. Diğer inülin ilave edilen örnekler arasındaki fark istatistikçe önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Yapılan analizlerden sonra belirlenen parametreler arasında ilişkinin olup olmadığı ve bu ilişkinin yönünün tespiti için korelasyon testi uygulanmıştır. Tablo 3.18, 0.01 ve 0.05 anlamlılık düzeyinde parametreler arasındaki korelasyon katsayısını göstermektedir. Yüzde birlik anlamlılık düzeyinde 5-HMF ile pH, L^*, a_w ve 420 nm'deki absorbans değerleri arasında negatif yönlü bir korelasyonun olduğu belirlenirken, 5-HMF ile °Briks değeri arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Ayrıca pH ile L^*, L^* ile absorbans ve a^* değeri ile b^* değeri arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon bulunmuştur. Absorbans ile °Briks arasında negatif bir korelasyon gözlenmiştir.

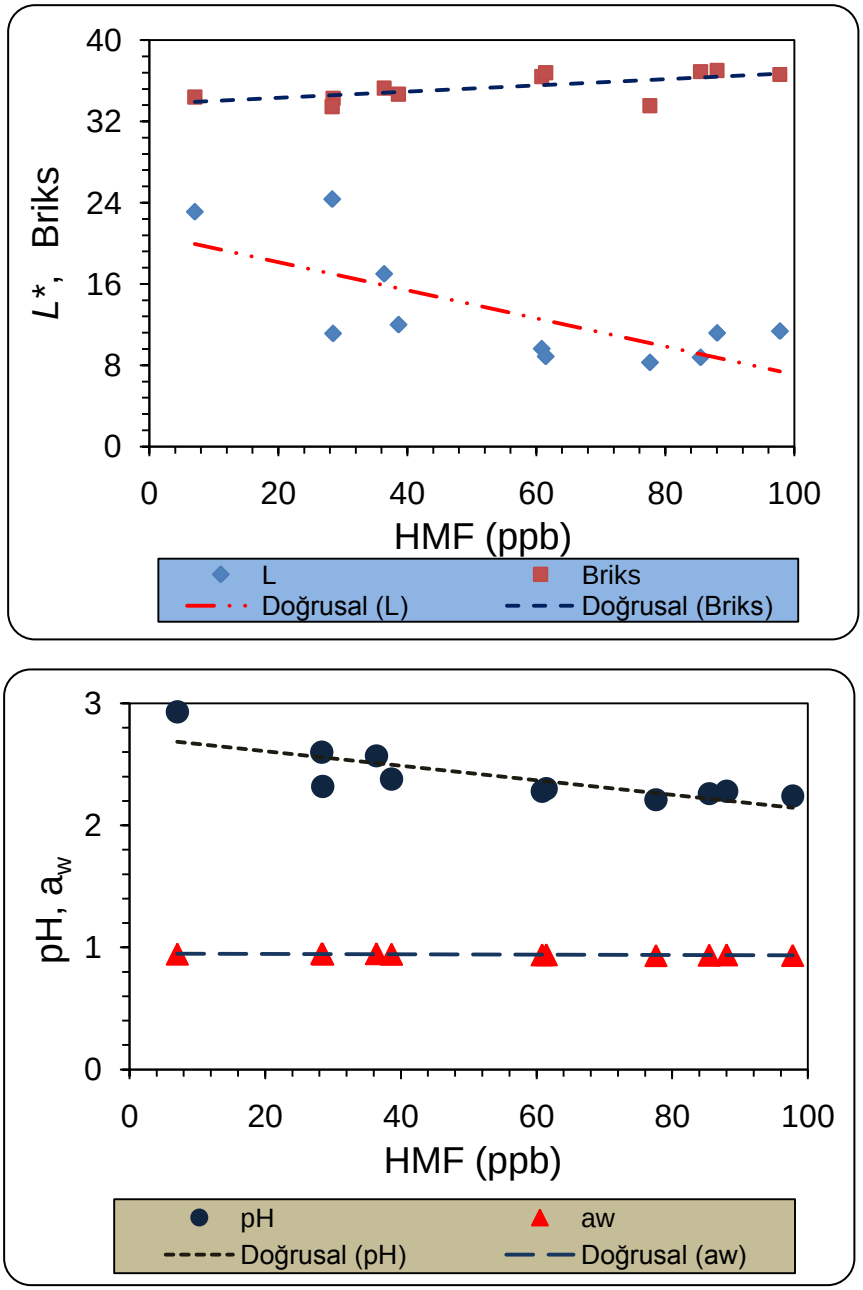
Tablo 3.18. Lif ilave edilen örneklerin 5-HMF miktarı ve diğer parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı

Parametre	5-HMF (ppb)	pH	*L**	*a**	*b**	ºBriks	a_w	Abs
5-HMF (ppb)	1.000							
Ph	-0.809**	1.000						
*L**	-0.715**	0.906**	1.000					
*a**	-0.211	0.299	0.251	1.000				
*b**	-0.395*	0.534**	0.480**	0.964**	1.000			
ºBriks	0.648**	-0.444**	-0.523**	-0.018	-0.161	1.000		
a_w	-0.828**	0.690**	0.731**	0.421*	0.545**	-0.467**	1.000	
Abs ($\times 10^2$)	-0.606**	0.606**	0.831**	0.259	0.407*	-0.716**	0.706**	1.000

** Korelasyon 0.01 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

* Korelasyon 0.05 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

Şekil 3.5, 5-HMF ile pH, *L**, °Briks ve a_w değerleri arasındaki ilişkiyi vurgulamaktadır. Bu şekilden de 5-HMF ile diğer parametrelerin arasındaki ilişkinin yönü görülmektedir.



Şekil 3.5. Lif ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ile pH, *L**, Briks ve a_w arasındaki ilişki

3.2.3. Model Karamel Ortamında Yoğurt Suyu, Peynir Suyu ve Bazı Sebze ve Meyve Sularının Kullanımının Model Karamellerin Özellikleri Üzerine Etkisi

Bu bölümde de, karamel hazırlama aşamasında ilave edilen suya %10 oranında farklı sular (yoğurt suyu, peynir suyu, maydanoz suyu, dere otu suyu, tere suyu, ekşimen suyu, semizotu suyu, siyah üzüm suyu, havuç suyu, mor lahana ve pancar suyu) katılmış ve bu suların, oluşan model karamel örnekleri üzerine etkileri incelenmiştir. Şekil 3.6, model karamel ortamına ilave edilen farklı sebze sularını göstermektedir.

Şekil 3.6. Model karamel ortamında ilave edilen sebze suları

3.2.3.1. Kullanılan farklı suların bazı özellikleri

Kullanılan farklı sebze, meyve ve yoğurt ile peynir sularının, pH, ºBriks, *L**, *a** ve *b** değerleri Tablo 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.19. Karamel ortamına ilave edilen farklı suların pH, ºBriks ve renk değerleri

Örnek	pH	ºBriks	*L**	*a**	*b**
Maydanoz s.	6.16 ± 0.01^{d}	5.44 ± 0.13^{d}	14.39 ± 0.25^{f}	-6.52 ± 0.07^{h}	18.23 ± 0.42^{e}
Dere otu s.	5.91 ± 0.03^{e}	3.37 ± 0.08^{e}	15.66 ± 0.10^{e}	-9.02 ± 0.03^{j}	19.96 ± 0.17^{d}
Tere s.	6.14 ± 0.01^{d}	3.21 ± 0.08^{e}	12.52 ± 0.14^{g}	-8.28 ± 0.05^{i}	16.23 ± 0.26^{f}
Ekşimen s.	3.33 ± 0.01^{j}	2.00 ± 0.02^{f}	21.88 ± 0.40^{c}	-2.06 ± 0.04^{f}	25.71 ± 0.50^{b}
Semizotu s	5.00 ± 0.01^{f}	1.61 ± 0.00^{f}	14.44 ± 0.06^{f}	-3.72 ± 0.03^{g}	14.77 ± 0.03^{g}
S. üzüm s.	3.61 ± 0.02^{i}	21.10 ± 0.04^{a}	13.02 ± 0.11^{g}	6.27 ± 0.03^{b}	4.84 ± 0.05^{h}
Havuç s.	6.39 ± 0.01^{c}	8.54 ± 0.06^{b}	35.76 ± 0.17^{b}	16.63 ± 0.12^{a}	36.79 ± 0.25^{a}
Yoğurt s.	4.12 ± 0.00^{h}	8.79 ± 0.01^{b}	20.43 ± 0.16^{d}	-1.88 ± 0.02^{e}	0.90 ± 0.02^{k}
Peynir s.	4.81 ± 0.01^{g}	5.88 ± 0.02^{d}	20.75 ± 0.23^{d}	-1.38 ± 0.02^{d}	2.18 ± 0.07^{j}
M. lahana s.	6.96 ± 0.01^{a}	9.18 ± 0.03^{b}	38.39 ± 0.56^{a}	-9.83 ± 0.03^{k}	21.59 ± 0.52^{c}
Pancar s.	6.63 ± 0.02^{b}	7.50 ± 1.16^{c}	1.55 ± 0.03^{h}	1.55 ± 0.02^{c}	3.15 ± 0.05^{i}

Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

Tablo 3.19 incelendiğinde, ilave edilen değişik suların pH aralığı 3.33 ile 6.96 arasında olduğu görülmektedir. Tere otu ve maydonoz sularının pH değerleri arasında fark görülmez iken, (P>0.05), diğer suların pH değerleri arasında istatistikçe önemli farklılıklar belirlenmiştir (P<0.05). En düşük pH değerine (3.33) ekşimen suyu sahip iken, en yüksek pH değerine (6.96) ise mor lahana suyu sahiptir. Örneklerin °Briks değerleri ise 1.61 ile 21.10 arasında değişmektedir. Genellikle örneklerin °Briks değerleri arasında da istatistikçe anlamlı farklılıklar olduğu yine Tablo 3.19'a bakıldığında anlaşılmaktadır (P<0.05). Siyah üzüm suyu örnekler içerisinde en yüksek °Briks değerine (21.10) sahip olan örnek durumunda iken en düşük °Briks değeri (1.61) semizotu suyunda olduğu görülmektedir. *L** değerlerine bakıldığında ise bu parametre 1.55–38.39 arasında değişmekte olup, örnekler arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir (P<0.05). Yoğurt suyu ile peynir suyu, semizotu suyu ile maydanoz suyu ve tere otu suyu ile siyah üzüm suyunun *L** değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (P>0.05). En düşük *L** değerine (1.55) pancar suyu sahip iken, en yüksek *L** değerine sahip örnek ise mor lahana suyudur. Çalışmanın bu kısmında karamel ortamında suya ilave olarak kullanılan bütün su çeşitlerinin *a** ve *b** değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir (P<0.05). Örneklerin *a** ve *b** değerlerinin sırasıyla -9.83 ile 16.63 ve 0.90 ile 36.79 değerleri arasında bulunduğu

görülmektedir. En düşük *a** değerine -9.83 ile mor lahana suyu sahip iken, havuç suyu örnekler arasında en yüksek *a** değerine (16.63) sahip olan örnektir. Tablo 3.19' daki *b** değerlerine bakıldığı zaman ekşimen suyunun en yüksek *b** değerine (25.71) sahip olduğu ve yoğurt suyunda bu değerin en düşük (0.90) olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.3.2. Farklı Sebze, Meyve ve Serum (yoğurt ve peynir) Suları İlave Edilerek Hazırlanan Karamel Örneklerinin Bazı Özellikleri

Tablo 3.20, farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt ve peynir) suları ilave edilen model karamel örneklerin 5-HMF miktarını, pH ve °Briks değerlerini, 420 nm'deki absorbans değerini, renk değerlerini (*L**, *a**, *b**) ve su aktivitesi değerlerini göstermektedir. Tabloyu incelediğimizde kontrol örneğinin 5-HMF miktarının 76.73 ppb olduğu görülmektedir. Diğer örneklerin 5-HMF konsantrasyonu ise 8.69 ppb–144.75 ppb arasında değişmiştir. Örneklerin 5-HMF miktarı arasında istatistikçe anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($P<0.05$). Mor lahana suyu ilave edilmiş karamel (S11) ile pancar suyu ilave edilmiş model karamel (S12) örneklerinin 5-HMF miktarı arasında önemli bir fark gözlenememiş olup ($P>0.05$), en yüksek 5-HMF miktarı bu iki örnekte belirlenmiştir. En düşük 5-HMF miktarına (8.69 ppb) ise yoğurt suyu ilave edilmiş karamel örneğinde (S9) rastlanılmıştır.

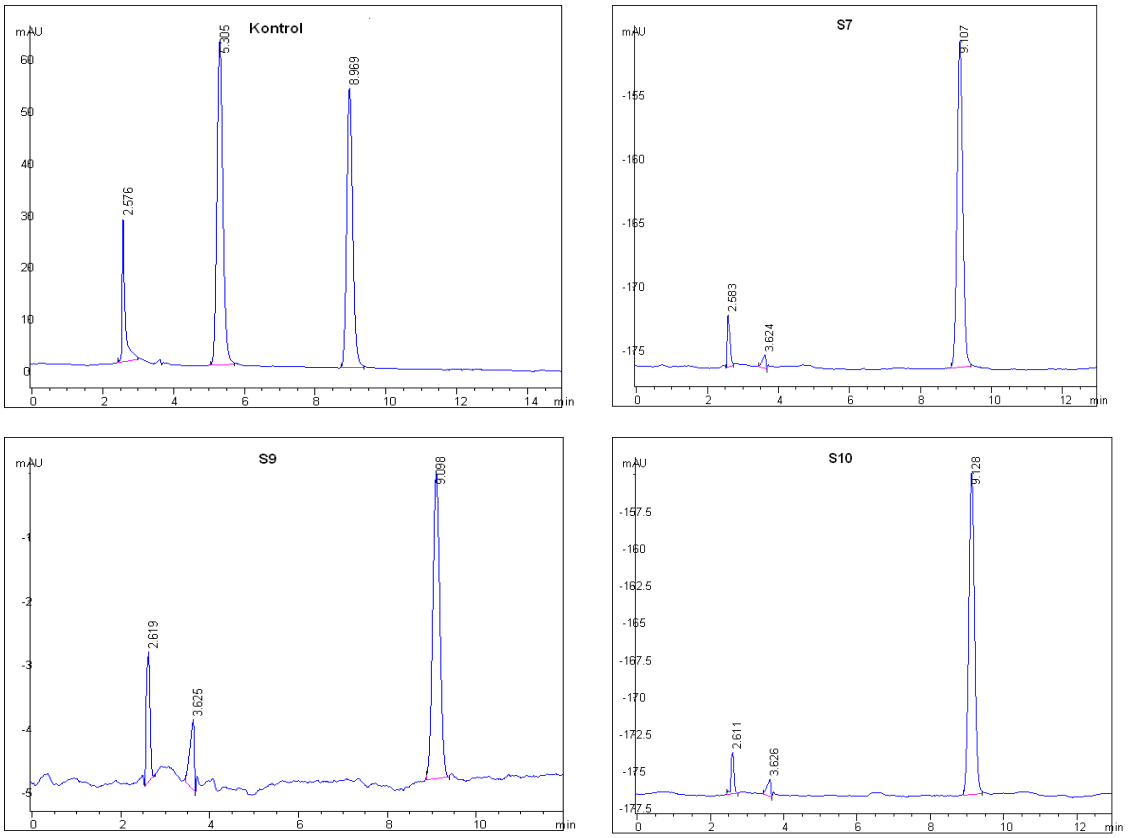
Örneklerin pH değerlerinin ise 2.21 ile 2.74 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol örneğin pH değeri en düşük olup, diğer örnekler ile aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($P<0.05$). En yükse pH değerlerine sahip model örnekler, maydanoz ve yoğurt suyu ilave edilmiş örneklerdir. Model karamel ortamına farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir) sularının ilavesi, pH değerinde genel olarak farklılıklara neden olduğu saptanmıştır ($P<0.05$).

Tablo 3.20. Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir)suları ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin bazı özellikleri

Örnek	5-HMF (ppb)	pH	*L**	*a**	*b**	°Briks	a_w	Abs ($\times 10^2$)
S1	76.73 ± 1.29^{b}	2.21 ± 0.00^{f}	11.06 ± 0.04^{d}	-0.69 ± 0.04^{g}	0.69 ± 0.06^{hı}	35.07 ± 0.02^{j}	0.930 ± 0.001^{d}	7.91 ± 0.02^{b}
S2	21.66 ± 0.30^{h}	2.75 ± 0.01^{a}	14.76 ± 0.20^{b}	-0.09 ± 0.01^{e}	14.58 ± 0.24^{c}	35.29 ± 0.07^{f}	0.937 ± 0.001^{c}	4.10 ± 0.01^{d}
S3	37.34 ± 0.51^{g}	2.57 ± 0.02^{b}	11.51 ± 0.24^{d}	2.12 ± 0.02^{c}	12.40 ± 0.28^{d}	35.15 ± 0.02^{ghı}	0.938 ± 0.001^{c}	8.31 ± 0.09^{b}
S4	37.78 ± 0.21^{g}	2.60 ± 0.02^{b}	12.77 ± 0.21^{c}	2.20 ± 0.02^{c}	15.68 ± 0.23^{b}	35.26 ± 0.09^{fg}	0.941 ± 0.001^{bc}	5.67 ± 0.14^{c}
S5	46.12 ± 0.19^{cd}	2.56 ± 0.03^{b}	13.26 ± 0.12^{c}	-0.30 ± 0.03^{f}	5.83 ± 0.03^{f}	35.21 ± 0.01^{fgh}	0.939 ± 0.001^{bc}	2.70 ± 0.06^{e}
S6	49.38 ± 0.69^{c}	2.49 ± 0.02^{cd}	11.42 ± 0.25^{d}	-0.20 ± 0.01^{ef}	8.19 ± 0.17^{e}	35.11 ± 0.01^{hı}	0.940 ± 0.001^{bc}	4.17 ± 0.09^{d}
S7	43.25 ± 0.48^{de}	2.51 ± 0.01^{c}	11.17 ± 0.15^{d}	1.20 ± 0.02^{d}	0.90 ± 0.08^{g}	36.23 ± 0.03^{a}	0.940 ± 0.000^{bc}	58.87 ± 0.60^{a}
S8	40.37 ± 0.37^{ef}	2.57 ± 0.01^{b}	19.01 ± 0.14^{a}	5.44 ± 0.04^{a}	23.44 ± 0.20^{a}	35.54 ± 0.01^{e}	0.943 ± 0.001^{ab}	4.67 ± 0.29^{d}
S9	8.69 ± 0.51^{ı}	2.74 ± 0.01^{a}	11.16 ± 0.14^{d}	-0.80 ± 0.03^{g}	-0.71 ± 0.07^{k}	35.98 ± 0.03^{d}	0.945 ± 0.001^{a}	0.24 ± 0.02^{g}
S10	45.43 ± 0.70^{cd}	2.31 ± 0.02^{e}	12.94 ± 0.14^{c}	-0.72 ± 0.04^{g}	0.14 ± 0.03^{j}	35.28 ± 0.01^{f}	0.945 ± 0.000^{a}	1.71 ± 0.01^{f}
S11	144.75 ± 2.60^{a}	2.51 ± 0.01^{c}	1.30 ± 0.05^{f}	3.43 ± 0.13^{b}	0.41 ± 0.05^{ıj}	36.02 ± 0.01^{bc}	0.926 ± 0.003^{e}	0.49 ± 0.01^{g}
S12	143.09 ± 3.37^{a}	2.46 ± 0.01^{d}	8.02 ± 0.20^{e}	1.14 ± 0.00^{d}	5.76 ± 0.11^{f}	36.13 ± 0.04^{ab}	0.919 ± 0.002^{f}	0.43 ± 0.03^{g}

Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($P<0.05$).
S1: Kontrol (sebze suyu ilavesiz), S2: Maydanoz suyu ilaveli karamel, S3: Dere otu suyu ilaveli karamel, S4: Tere suyu ilaveli karamel, S5: Ekşimen suyu ilaveli karamel, S6: Semizotu suyu ilaveli karamel, S7: Üzüm suyu ilaveli karamel, S8: Havuç suyu ilaveli karamel, S9: Yoğurt suyu ilaveli karamel, S10: Peynir suyu ilaveli karamel, S11: Mor lahana suyu ilaveli karamel, S12: Pancar suyu ilaveli karamel

Şekil 3.7, bazı sebze suları ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerine ve kontrol örneğine ait HPLC kromatogramlarını göstermektedir.



Şekil 3.7. S1, S7, S9 ve S10 örneklerine ait 5-HMF düzeyini gösteren HPLC kromatogramları

Örneklerin *L**, *a** ve *b** değerleri ise sırasıyla 1.30–19.01, -0.80–5.44 ve -0.71–23.44 arasında değişmiştir. Kontrol örneğinin *L** değeri 11.06 olarak belirlenmiştir ve kontrol örneği ile S3, S6, S7 ve S9 arasındaki fark istatistikçe önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). En yüksek *L** değerine sahip örnek 19.01 ile havuç suyu ilaveli (S8) model karamel örneğidir. En düşük *L** değerine ise mor lahana suyu ilave edilmiş model karamel (S11) örneğinde rastlanılmıştır. Örneklerde gözlemlenen kırmızlığın bir göstergesi olan *a** değerini genel olarak karamel üretiminde farklı suların kullanımının değiştirdiği görülmektedir ($P<0.05$). Kontrol örneği ile S9 ve S10 örneklerinin *a** değerleri arasında fark görülmemekle birlikte ($P>0.05$), bu örnekler diğer karamel örnekleriyle karşılaştırıldığında en düşük *a** değerine sahip örnekler olarak göze çarpmaktadırlar. Havuç suyu ise en yüksek *a** değerine sahip örnek olarak bulunmuştur. *b** değerleri incelendiğinde ise kontrol örneği ile mor lahana suyu ilaveli model karamel (S11) örneği arasında fark görülmez iken ($P>0.05$), kontrol örneği ile diğer örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmaktadır ($P<0.05$). S9 örneği en düşük *b** değerine sahip örnek iken, *b** değerinin en yüksek olduğu model karamel örneği S8 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.20'deki °Briks değerlerine bakıldığında, farklı sular ilave edilerek oluşturulan örneklerin °Briks değerlerinin 35.07 ile 36.23 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol örneğinin °Briks değeri en düşüktür ve diğer örnekler ile aralarında önemli farklılıklar mevcuttur ($P<0.05$). Pancar suyu ilave edilmiş karamel örneği (S12) ile üzüm suyu ilave edilmiş örneğin (S7) °Briks değerleri, diğer örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir) ilavesiyle elde edilen model karamel örneklerinin a_w değerleri 0.919 ile 0.945 arasında bulunmuştur. Kontrol örneğinin a_w değeri 0.930 olup, bu değer diğer karamel örneklerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($P<0.05$). En yüksek a_w değerlerine sahip örnekler, yoğurt (S9) ve peynir suyu (S10) ilave edilmiş karamel örnekleri bulunurken, S12 örneğinin a_w değeri en düşük gözlenmiştir.

Örneklerin 420 nm'deki absorbans değerleri incelendiğinde, kontrol örneğinin absorbans değeri 7.91×10^{-2} olarak saptanmıştı ve dere otu ilaveli örnek ile (S3) aralarında bir fark bulunamamış iken ($P>0.05$) diğer örnekler ile aralarında absorbans

değeri açısından önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır ($P<0.05$). Üzüm suyu ilave edilen karamel örneğinin (S7) absorabans değeri (58.87×10^{-2}) diğer örneklere göre oldukça büyük bulunurken, mor lahana ve pancar suyu ilaveli örnekler arasında istatistiksel bakımdan fark gözlemlenememiştir (P<0.05)) ve bu örneklerin absorbans değeri, en düşük olarak belirlenmiştir.

3.2.3.3. Parametreler arasındaki ilişki

Çalışmanın bu kısmında da örneklerin 5-HMF konsantrasyonuyla diğer parametreler arasındaki ilişkinin tespiti ve bu ilişkinin yönünü belirlemek için, örneklere korelasyon testi uygulanmıştır. Tablo 3.21, parametreler arasındaki korelasyon katsayısını ve bu katsayıların anlamlılık düzeyleri belirtilmiştir. Tablo 3.21 incelendiğinde 5-HMF ile L^* ve a_w değerleri arasında negatif yönde kuvvetli bir ilişkinin var olduğu belirlenmiştir. Diğer parametreler arasında dikkat çeken kuvvetli bir ilişki bulunamamıştır.

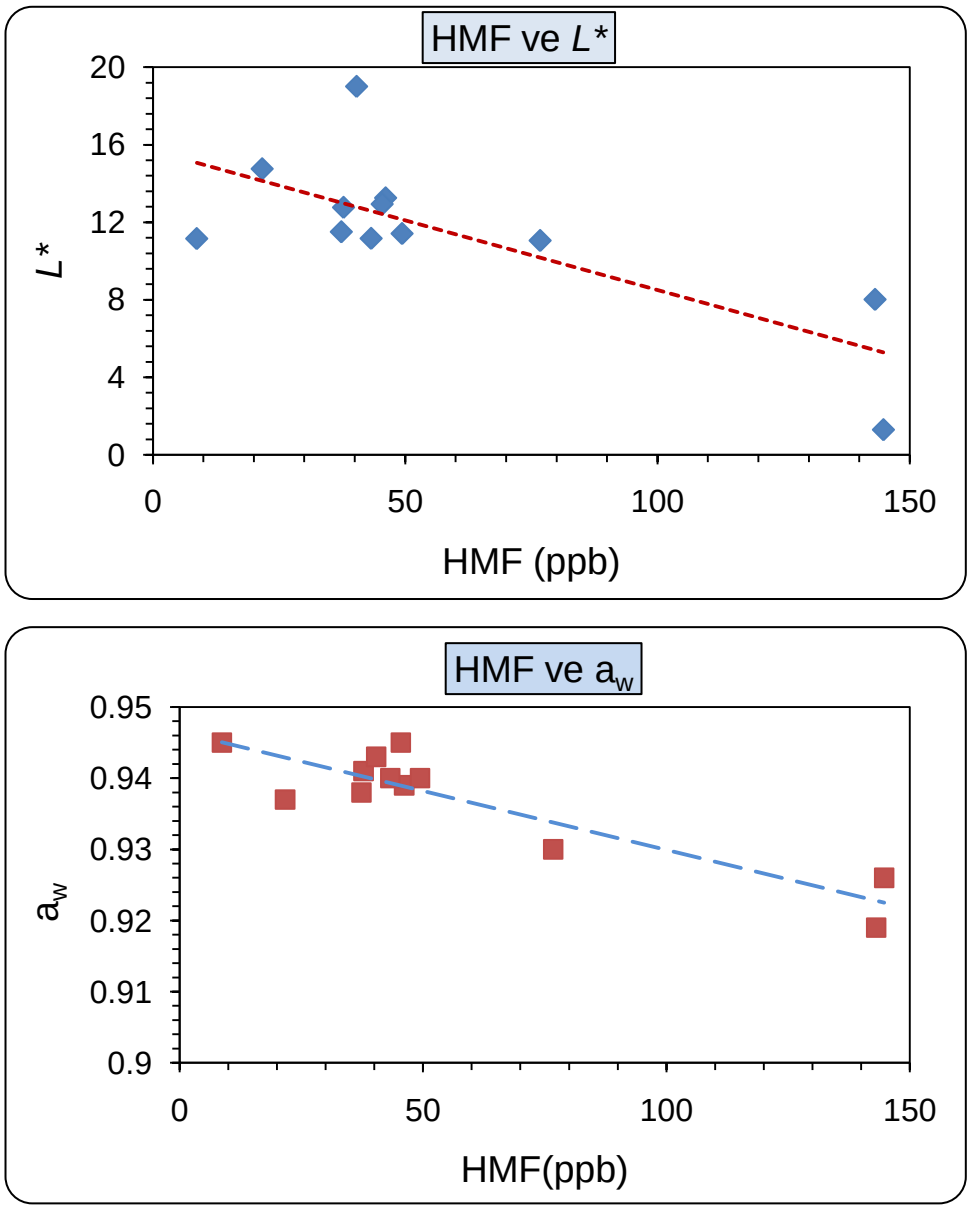
Tablo 3.21. Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir) suları ilave edilen model karamel ortamındaki parametreler arasındaki korelasyon katsayısı

Parametre	5-HMF (ppb)	pH	*L**	*a**	*b**	ºBriks	a_w	Abs ($\times 10^2$)
5-HMF (ppb)	1.000							
pH	-0.438**	1.000						
*L**	-0.748**	0.193	1.000					
*a**	0.257	0.165	0.030	1.000				
*b**	-0.294	0.397*	0.637**	0.602**	1.000			
ºBriks	0.403*	0.206**	-0.455**	0.246	-0.350*	1.000		
a_w	-0.896**	0.286**	0.655**	-0.133	0.200	-0.337*	1.000	
Abs ($\times 10^2$)	-0.162	-0.057	0.041**	0.041	-0.181	0.386*	0.150	1.000

** Korelasyon 0.01 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

* Korelasyon 0.05 güvenilirlik düzeyinde önemlidir.

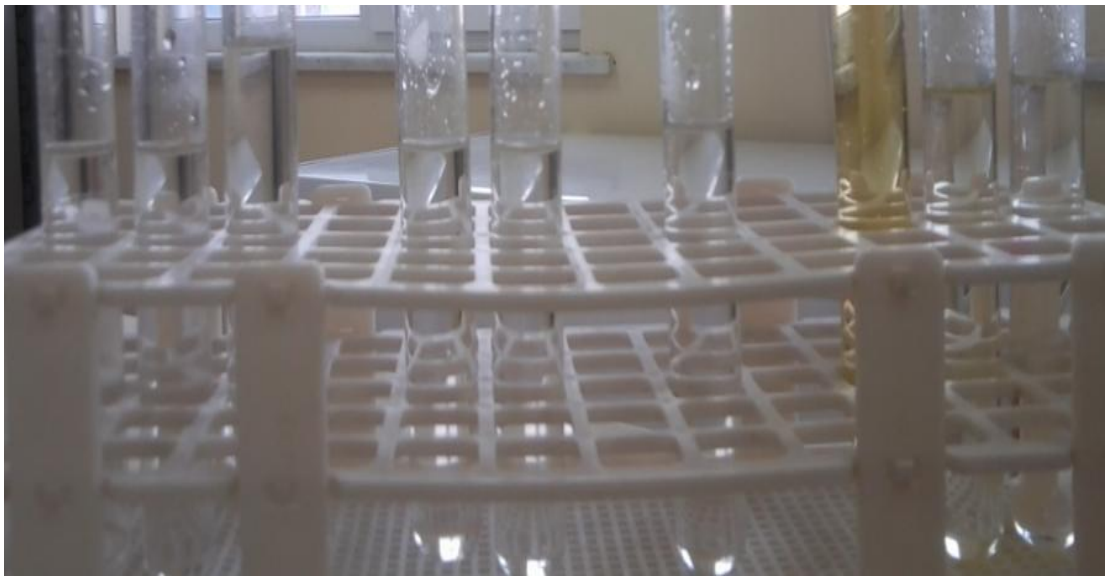
Şekil 3.8, model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ile *L** ve a_w değerleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 3.8. Farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir) ilave edilerek hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ile *L** ve a_w arasındaki ilişki

3.2.4. Model Karamel Ortamında Sıcaklık ve Sürenin Model Karamel Ürünlerinin 5-HMF İçeriği ve Bazı Özellikleri Üzerine Etkisinin Cevap Yüzey Metodu ile Belirlenmesi

5-HMF'nin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmaların bu kısmında da cevap yüzey yöntemi kullanılarak oluşturulan model karamel ürünlerinin 5-HMF miktarının, renk değerlerinin, pH, °Briks, a_w ve 420 nm'deki absorbans değerlerinin sıcaklık ve süreden nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. Cevap yüzey metodunun deneme dizaynı Tablo 2.2'de belirtilmiştir. Şekil 3.9, bu kısımda oluşturulan model karamel örneklerini göstermektedir. Bu şekilde görülen koyu renkli örnek, 135°C'de 90 dakika ısıl işlem görerek hazırlanan örnektir.



Şekil 3.9. Farklı sıcaklık ve süre uygulanan model karamel örnekleri

Tablo 3.22, farklı sıcaklık, süre uygulanan karamel örneklerinin 5-HMF miktarını, pH değerini, renk değerlerini, absorbans, °Briks ve a_w değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.22. Farklı sıcaklık ve süre uygulanarak hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF içeriği ve bazı özellikleri

Örnek	**5-HMF (ppb)**	**pH**	***L****	***a****	***b****	**ºBriks**	**a_w**	**Abs ($\times 10^2$)**
S1	–	2.22 ± 0.00^{de}	12.09 ± 0.08^{b}	-0.56 ± 0.03^{c}	-0.65 ± 0.02^{e}	33.70 ± 0.02^{e}	0.946 ± 0.001^{a}	0.71 ± 0.03^{g}
S2	15.55 ± 0.08^{f}	2.27 ± 0.00^{ab}	7.01 ± 0.21^{f}	-0.68 ± 0.03^{ef}	-1.38 ± 0.07^{h}	34.77 ± 0.01^{a}	0.937 ± 0.001^{e}	1.51 ± 0.43^{g}
S3	48.88 ± 0.10^{e}	2.22 ± 0.02^{de}	9.88 ± 0.13^{d}	-0.63 ± 0.01^{de}	-0.75 ± 0.03^{e}	34.55 ± 0.01^{c}	0.938 ± 0.001^{e}	5.05 ± 0.25^{ef}
S4	4.15 ± 0.07^{fg}	2.24 ± 0.02^{cd}	7.05 ± 0.04^{f}	-0.59 ± 0.02^{cd}	-1.23 ± 0.08^{g}	34.30 ± 0.01^{d}	0.945 ± 0.001^{a}	4.66 ± 0.41^{f}
S5	99.09 ± 0.22^{d}	2.21 ± 0.01^{e}	8.13 ± 0.07^{e}	-0.67 ± 0.02^{ef}	-0.99 ± 0.04^{f}	34.64 ± 0.00^{b}	0.939 ± 0.001^{de}	6.00 ± 0.01^{de}
S6	101.81 ± 0.18^{d}	2.22 ± 0.00^{de}	8.45 ± 0.04^{e}	-0.72 ± 0.01^{f}	-0.96 ± 0.02^{f}	34.60 ± 0.01^{bc}	0.941 ± 0.001^{cd}	6.24 ± 0.02^{d}
S7	259.83 ± 0.35^{c}	2.27 ± 0.01^{abc}	13.81 ± 0.06^{a}	-0.58 ± 0.05^{cd}	0.42 ± 0.03^{c}	34.75 ± 0.09^{a}	0.942 ± 0.001^{bc}	7.47 ± 0.43^{c}
S8	49.55 ± 0.16^{e}	2.25 ± 0.01^{bc}	11.93 ± 0.26^{b}	-0.59 ± 0.01^{cd}	-0.41 ± 0.01^{d}	34.55 ± 0.02^{c}	0.944 ± 0.001^{ab}	8.12 ± 0.09^{c}
S9	663.71 ± 4.11^{b}	2.28 ± 0.00^{a}	10.40 ± 0.03^{c}	-0.49 ± 0.03^{b}	2.25 ± 0.03^{b}	34.76 ± 0.02^{a}	0.939 ± 0.001^{de}	12.18 ± 0.42^{b}
S10	$1588.60 \pm$	2.29 ± 0.00^{a}	10.15 ± 0.03^{cd}	0.94 ± 0.01^{a}	9.57 ± 0.04^{a}	34.59 ± 0.02^{bc}	0.941 ± 0.000^{cd}	28.90 ± 0.90^{a}

Aynı sütundaki farklı harfler, örnekler arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($P<0.05$).

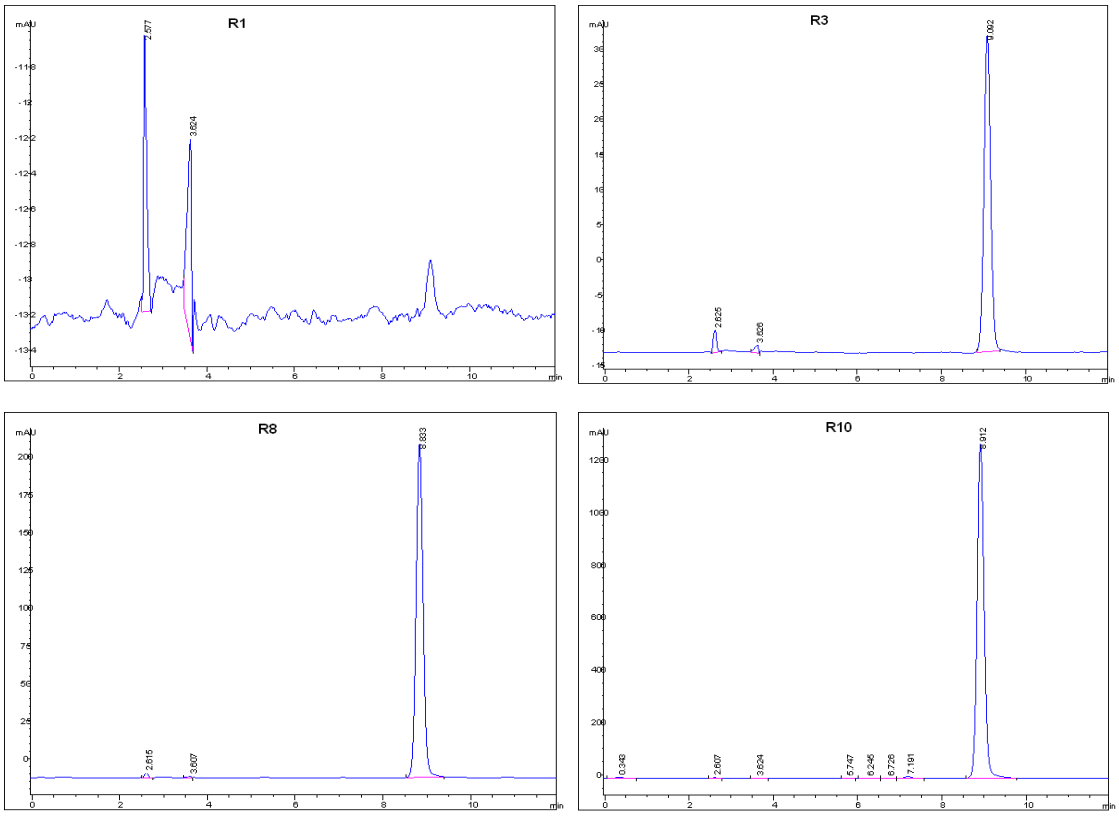
3.2.4.1. Sıcaklık ve Sürenin 5-HMF Miktarı Üzerine Etkisi

Şekil 3.10, farklı sıcaklık ve süre uygulanarak hazırlanan model karamel örneklerine ait HPLC kromatogramlarını göstermektedir.

Cevap yüzey metodu kullanılarak karamel ürünlerinin 5-HMF miktarı üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal eşitlik;

5-HMF (ppm) = $372.91X_1 + 307.27X_2 + 372.54X_1X_2 + 268.09X_1X_1 + 60.45X_2X_2$

şeklinde bulunmuştur.



Şekil 3.10. Farklı sıcaklık ve süre uygulanan bazı model karamel örneklerine ait HMF içeriğini gösteren HPLC kromatogramları

Sıcaklık ve süre faktörlerinin 5-HMF miktarı üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.23'de verilmiştir. Tablo 3.23 incelendiğinde elde edilen modelin determinasyon katsayısı 0.953 bulunmuştur. Elde edilen eşitlik incelendiğinde, 5-HMF

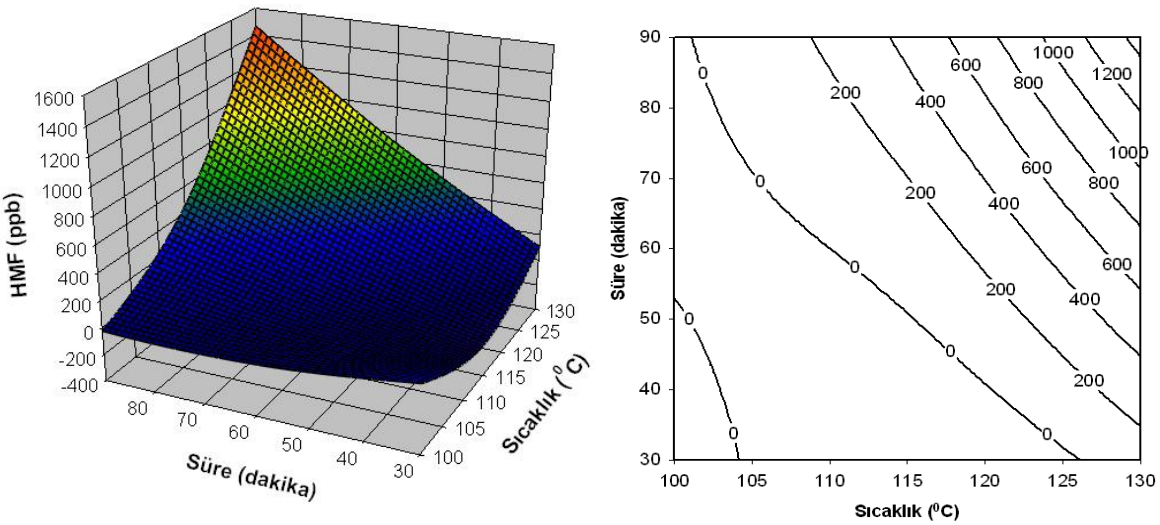
miktarının sıcaklık ve süre artışı ile arttığı gözlemlenirken, bu iki faktörün lineer etkisi önemli bulunmuştur (*P*<0.01). Yine sıcaklık ve sürenin interaksiyonu 0.01 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Sıcaklık ve süre faktörlerinin kuadratik etkileri incelendiğinde ise, sıcaklığın kuadratik etkisi 0.01 ve 0.05 anlamlılık düzeyinde önemsiz bulunmuş iken, 0.1 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sürenin kuadratrik etkisi ise üç anlamlılık düzeyinde de (0.01, 0.05 ve 0.1) önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.23. Sıcaklık ve sürenin, model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	**S.D.**	**K.O.**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	430041	16.351	0.953	162.17
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	834348	31.724***		
X_2 (Süre (dakika))	1	566482	21.539***		
X_1*X_2	1	555151	21.108***		
X_1*X_1	1	167698	6.376*		
X_2*X_2	1	8525	0.3242		
Uyum eksikliği	3	105197	9479.307***		
Hata	4	26300			
Genel	9	2255407			

***P<0.01 **P<0.05 *P<0.1

Sıcaklık ve sürenin, hazırlanan karamel ürünlerinin 5-HMF düzeyi üzerine etkisini açıklayan grafikler Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin 5-HMF düzeyine etkisi

3.2.4.2. Sıcaklık ve Sürenin Karamel Örneklerinin Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Farklı sıcaklık süre uygulanarak hazırlanan model karamel ürünlerinin renk değerlerine (*L**, *a** ve *b**) de sıcaklık ve sürenin etkisi araştırılmıştır. *L** değeri için kurulan modelin determinasyon katsayısı 0.37 olduğu için çalışmanın bu kısmında *a** ve *b** değerleri için oluşturulan modeller üzerinde durulmuştur. *a** değeri için belirlenen polinomiyal eşitlik;

$a^* = 0.29X_1 + 0.25X_2 + 0.40X_1X_2 + 0.26X_1X_1 + 0.26X_2X_2$ şeklinde bulunmuştur.

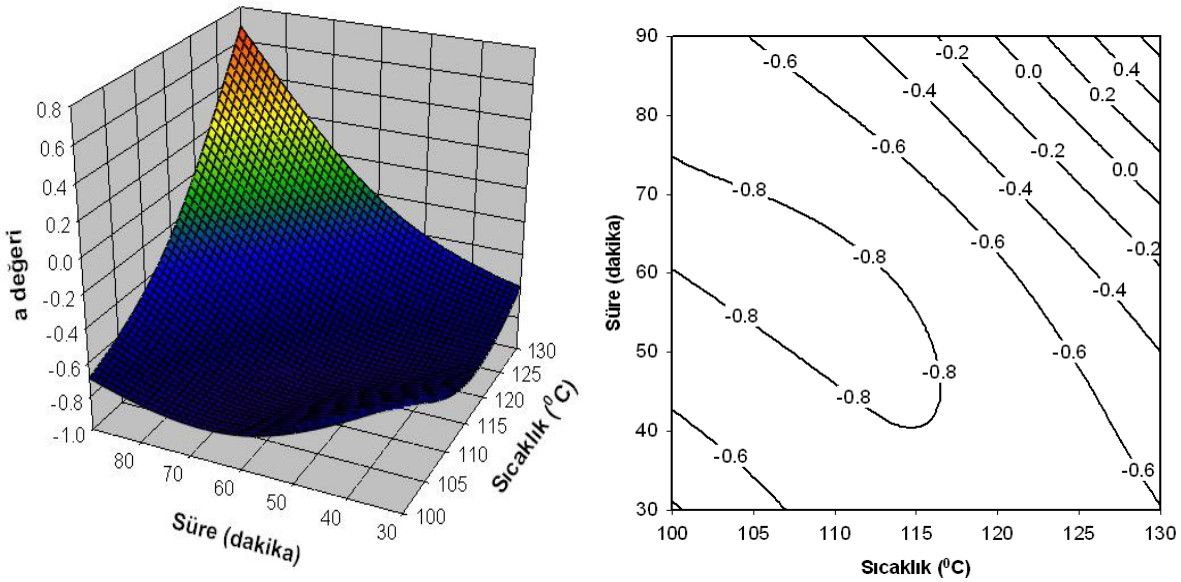
Tablo 3.24, bağımsız değişkenlerin (sıcaklık ve süre), bağımlı değişken (*a** değeri) üzerindeki etkilerine dair varyans analiz sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 3.24. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin *a** değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	**S.D.**	**K.O.**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	1.88	16.351	0.852	0.2856
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	0.50	31.724***		
X_2 (Süre (dakika))	1	0.36	21.539***		
X_1*X_2	1	0.64	21.108***		
X_1*X_1	1	0.16	6.376*		
X_2*X_2	1	0.16	0.3242		
Uyum eksikliği	3	0.33	9479.307***		
Hata	4	0.33			
Genel	9	2.21			

***P<0.01 **P<0.05 *P<0.1

Tablo 3.24 incelendiğinde, modelin determinasyon katsayısının 0.852 olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve sürenin artışı, *a** değerini artırdığı belirlenmiş ve her ikisinin de lineer etkisi önemli bulunmuştur (P<0.01). Sıcaklık ve sürenin, *a** değeri üzerindeki sinerjik etkisi de önemli bulunmuştur (P<0.01). Kuadratik etkiler incelendiğinde sürenin kuadratik etkisi önemsiz bulunurken, sıcaklığın kuadratik etkisi 0.1 anlamlılık düzeyinde etkili bulunmuştur. Sıcaklık ve sürenin, hazırlanan model karamel ürünlerinin *a** değeri üzerine etkisini açıklayan grafikler Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin *a** değeri üzerine etkisi

Cevap yüzey metodu kullanılarak modellenen bir diğer renk değeri ise *b** değeridir. Sıcaklık ve sürenin *b** değeri üzerine etkisini açıklaya polinomiyal eşitlik ise;

$b^* = 2.37X_1 + 1.92X_2 + 2.52X_1X_2 + 1.94X_1X_1 + 1.10X_2X_2$ şeklinde bulunmuştur. Oluşturulan modelin varyans analiz sonuçları Tablo 3.25'de gösterilmiştir.

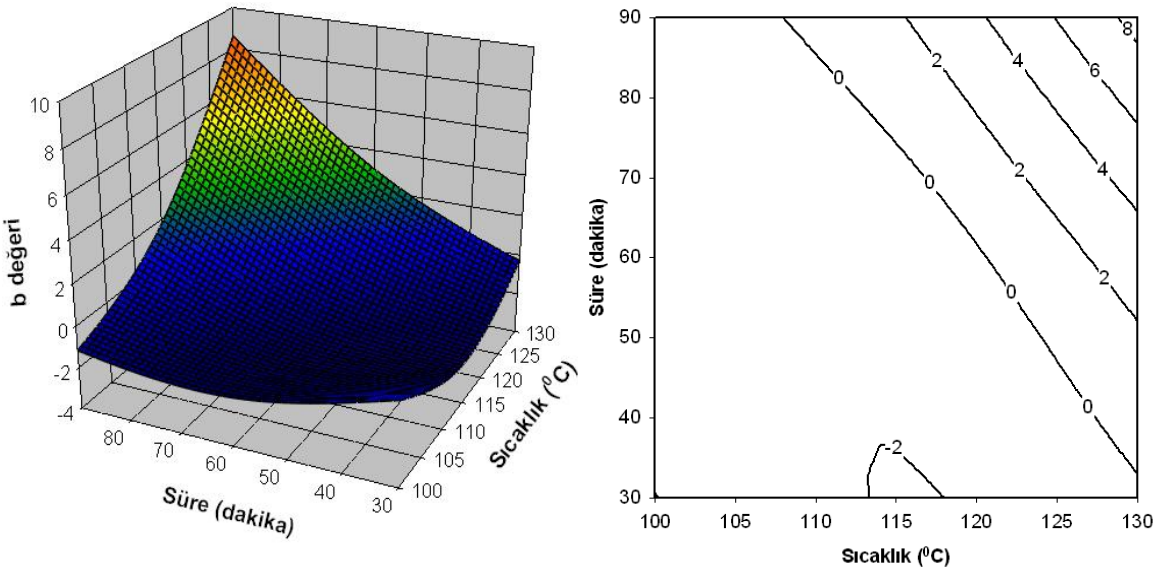
Tablo 3.25. Sıcaklık ve sürenin model karamellerin *b** değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	**S.D.**	**K.O.**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	94.83	15.127***	0.950	1.1198
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	33.56	26.764***		
X_2 (Süre (dakika))	1	22.16	17.671***		
X_1*X_2	1	25.40	25.402***		
X_1*X_1	1	8.82	8.821**		
X_2*X_2	1	2.85	2.845		
Uyum eksikliği	3	0.33	3714.882**		
Hata	4	5.02			
Genel	9	99.85			

***$P<0.01$ **$P<0.05$ *$P<0.1$

Oluşturulan modelin determinasyon katsayısı 0.950 bulunmuştur. Tablo 3.25'den anlaşıldığı gibi sıcaklık ve sürenin, *b** değerini artırdığı görülmektedir ve bu iki

bağımsız değişkenin etkisi de önemli bulunmuştur (P<0.01). Ayrıca sıcaklık ve sürenin interaksiyonunun b^* değerini artırıcı yönde etkisi de önemli bulunmuştur (P<0.01). Sıcaklığın kuadratik etkisinin b^* değerinin önemli şeklilde artırdığı gözlemlenirken (P<0.05), sürenin kuadratik etkisi ise önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Sıcaklık ve sürenin b^* değeri üzerindeki etkisi Şekil 3.13'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin b^* değeri üzerine etkisi

3.2.4.3. Sıcaklık ve Sürenin Model Karamel Örneklerinin Absorbans Değeri Üzerine Etkileri

Absorbans değerleri oldukça küçük olduğu için, normal değerlerin 100 ile çarpılmış halinin sonuçları, cevap yüzey metodu kullanılarak modellenmiştir. Model sonucu elde edilen eşitlik $Abs = 6.99X_1 + 4.66X_2 + 4.11X_1X_2 + 2.96X_1X_1 + 2.18X_2X_2$ şeklinde bulunmuştur. Bu eşitlikte elde edilen elde edilen absorbans değeri 420 nm'de ölçülen değerin 100 katıdır. Tablo 3.26, sıcaklık ve sürenin absorbans değeri (100 ile çarpılmış değer) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçlarını göstermektedir. Belirlenen modelin determinasyon katsayısı 0.916 bulunmuştur. Tablo 3.26 incelendiğinde, sıcaklık ve sürenin absorbans değerini artırıcı yönde etkisi anlamlı bulurken (P<0.01, P<0.05),

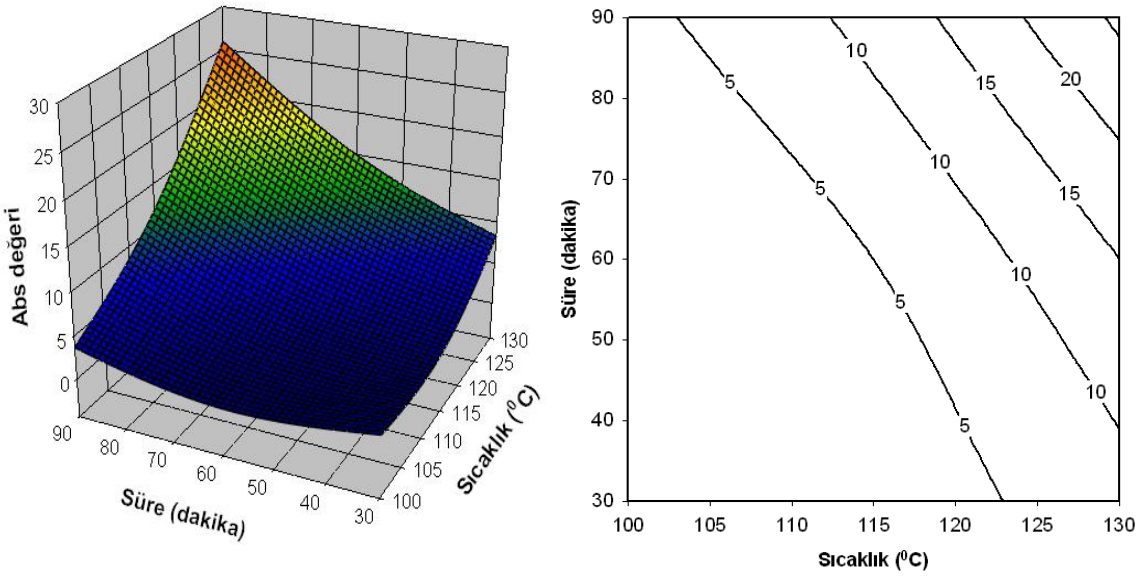
sıcaklığın lineer etkisinin süreye göre daha önemli olduğu yüne bu tablodan anlaşılmaktadır.

Tablo 3.26. Sıcaklık ve sürenin model karamelin abs değeri ($\times 10^2$) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	**S.D.**	**K.O.**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	528.10	8.688**	0.916	3.4868
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	293.02	24.102***		
X_2 (Süre (dakika))	1	130.01	10.694**		
X_1*X_2	1	67.57	5.558*		
X_1*X_1	1	20.39	1.678		
X_2*X_2	1	11.05	0.909		
Uyum eksikliği	3	48.60	562.520**		
Hata	4	48.63			
Genel	9	576.73			

***P<0.01 **P<0.05 *P<0.1

İki bağımsız değişkenin interaksiyonu ve kuadratik etkileri ise önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Şekil 3.14, sıcaklık ve sürenin absorbans değeri üzerindeki etkisini göstermektedir.



Şekil 3.14. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin *absorbans* değeri üzerine etkisi

3.2.4.4. Sıcaklık ve Sürenin Model Karamel Örneklerinin °Briks Değeri Üzerine Etkisi

Sıcaklık ve sürenin, °Briks değeri üzerindeki etkisini belirleyen polinomiyal eşitlik; $°Briks = 0.15X_1 + 0.22X_2 - 0.20X_1X_2 - 0.04X_1X_1 - 0.28X_2X_2$ şeklinde bulunmuştur. Modelin determinasyon katsayısı 0.860 olarak bulunmuştur. Tablo 3.27, kurulan modelin varyans analiz sonuçlarını göstermektedir.

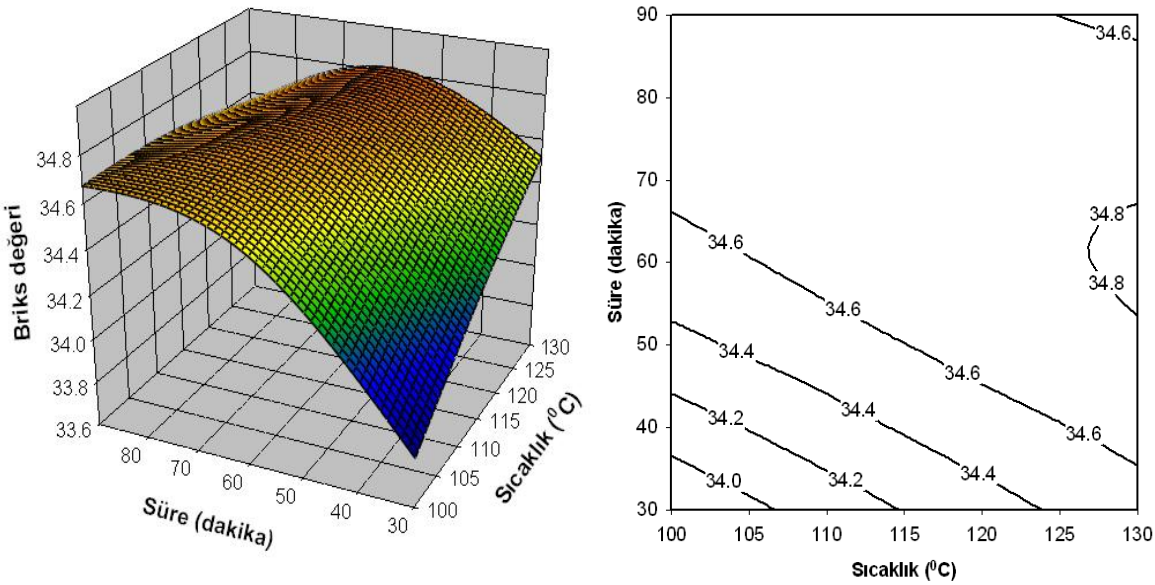
Tablo 3.27. Sıcaklık ve sürenin model karamelin °Briks değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon	**S.D.**	**K.O.**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	0.79	4.902*	0.860	0.1798
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	0.13	3.994		
X_2 (Süre (dakika))	1	0.30	9.26**		
X_1*X_2	1	0.16	5.076*		
X_1*X_1	1	0.00	0.111		
X_2*X_2	1	0.18	5.633		
Uyum eksikliği	3	0.13	53.52		
Hata	4	0.13			
Genel	9	0.92			

***P<0.01 **P<0.05 *P<0.1

Varyans analiz sonuçlarına göre karamel hazırlanırken, uygulanan sıcaklık değerinin, ürünün °Briks değeri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu görülmektedir. Sürenin lineer etkisinin ise °Briks değerini önemli şekilde artırdığı görülmektedir (P<0.05). Bağımsız değişkenlerin interaksiyonunun ve kuadratik etkilerinin, °Briks değeri üzerindeki etkisi ise öenmsiz bulunmuştur (P<0.05). Tabloya bakıldığında sıcaklık ve sürenin interaksiyonunun etkisi 0.1 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Fakat genel olarak anlamlılık düzeyi, 0.05 veya daha düşük değerler kabul edildiğinden yorumlar ona göre yapılmıştır.

Sıcaklık ve sürenin °Briks değeri üzerindeki etkisi Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin °*Briks* değeri üzerine etkisi

3.2.4.5. Sıcaklık ve Sürenin Model Karamel Örneklerinin a_w Değeri Üzerine Etkisi

Sıcaklık ve sürenin, a_w değeri üzerindeki etkisini aşağıdaki polinomiyal eşitlik;

$a_w = 0.0005X_1 - 0.0023X_2 + 0.0013X_1X_2 - 0.0016X_1X_1 + 0.0039X_2X_2$ göstermektedir.

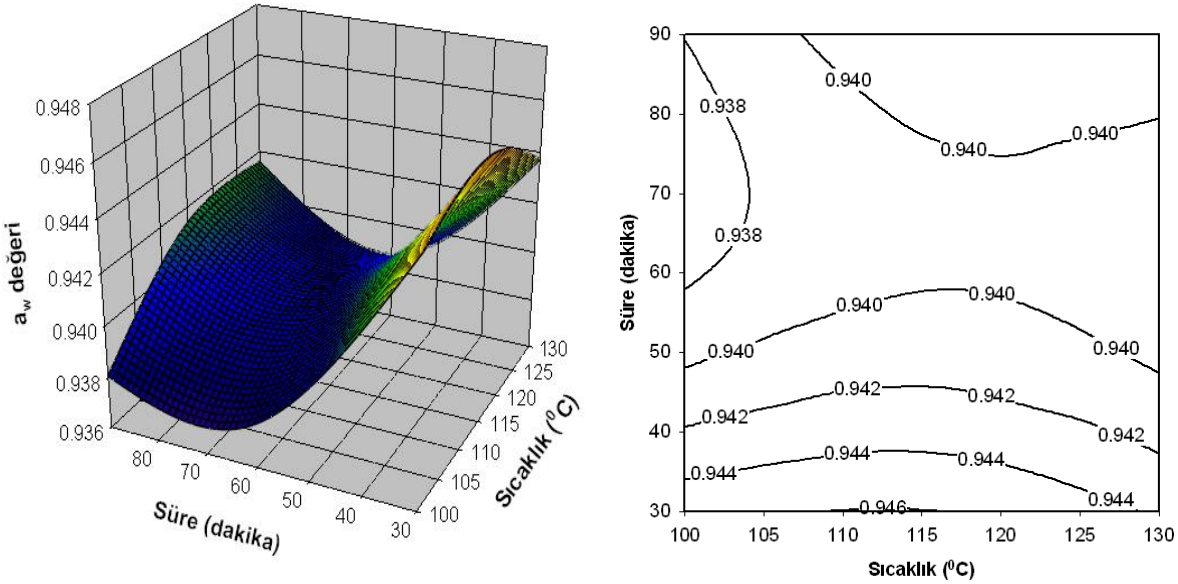
Tablo 3.28, oluşturulan modele dair varyans analiz sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 3.28. Sıcaklık ve sürenin karamelin a_w değeri üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	**S.D.**	**K.O. ($\times 10^4$)**	**F**	**R^2**	**RMSE**
Model	5	0.78	12.174**	0.938	0.0011
X_1 (Sıcaklık (°C))	1	0.13	1.164		
X_2 (Süre (dakika))	1	0.30	25.349***		
X_1*X_2	1	0.16	4.850*		
X_1*X_1	1	0.00	4.471		
X_2*X_2	1	0.18	27.945***		
Uyum eksikliği	3	0.03	0.526		
Hata	4	0.05			
Genel	9	0.84			

***P<0.01 **P<0.05 *P<0.1

Tablo 3.28'den de görüldüğü gibi modelin determinasyon katsayısı 0.938 olarak bulunmuştur. Sıcaklığın lineer ve kuadratik etkilerinin a_w değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir (P>0.05). Sürenin ise lineer ve kuadratik etkisi önemli bulunmuştur (P<0.01). Sürenin lineer etkisi a_w değerini azaltırken, kuadratik etkisinin ise bu değeri artırdığı görülmektedir. İki bağımsız değişkenin interaksiyonun a_w değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Şekil 3.16, bağımsız değişken olan sıcaklık ve sürenin, bağımlı değişken olan a_w değeri üzerindeki etkisini göstermektedir.



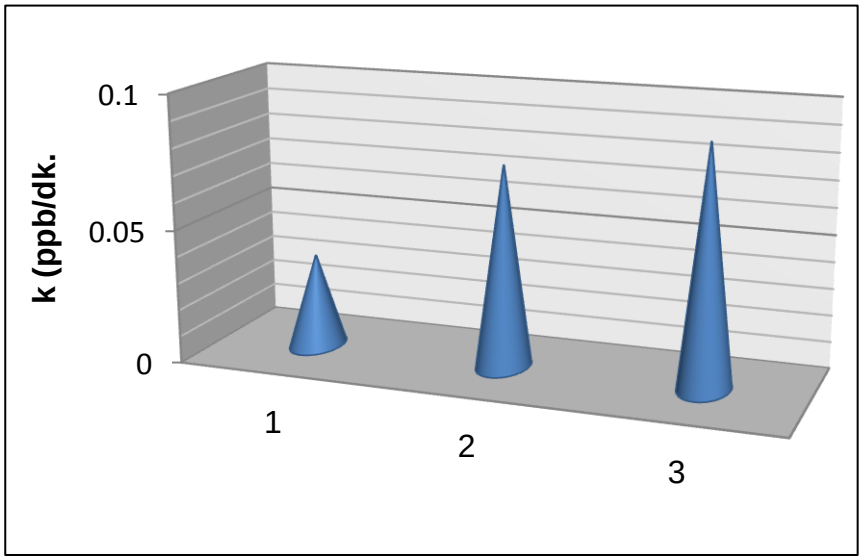
Şekil 3.16. Sıcaklık ve sürenin oluşturulan model karamel örneklerinin a_w değeri üzerine etkisi

3.2.4.6. Farklı Sıcaklıklarda 5-HMF Oluşum Hızının Belirlenmesi

Tez çalışmasının bu kısmında da farklı sıcaklıklarda (100°C, 115°C ve 130°C), farklı sürelerde (30, 60 ve 90 dakika) oluşturulan karamel örnekleri kullanılarak, her bir sıcaklık değerinde 5-HMF'nin oluşum hızı belirlenmiştir. 5-HMF'nin oluşum hızını belirlemek için birinci derece reaksiyon kinetiği kullanılmıştır. Bu reaksiyon çeşidini simgeleyen eşitlik;

$$\ln [A_t] - \ln [A_0] = kt$$

Bu eşitlik kullanılarak elde edilen *k* değerleri Şekil 3.17'de gösterilmiştir. 100°C, 115°C ve 130°C'deki 5-HMF oluşum hızı sırasıyla 0.0347 ppb/dakika, 0.0748 ppb/dakika ve 0.0884 ppb/dakika olarak bulunmuştur.



Şekil 3.17. Farklı sıcaklıklardaki 5-HMF oluşum hızı
(1: 100°C, 2: 115°C, 3: 130°C)

Her bir sıcaklıkta k sabiti elde edildikten sonra, bu sabitin sıcaklık ile değişimini belirlemek amacıyla, bulunan değerlere Arrhenius eşitliği ($k = k_R \exp(-E_a/RT)$) uygulanmıştır. Bu eşitlik uygulanmasıyla elde edilen sabitler,

E_a: 32.185 (kJ/mol)

k_R: 1372.09 (dakika^{-1})

olarak bulunmuştur.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması iki kısma ayrılmıştır. Tez çalışmasının 1. kısmında farklı ürünlerde 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Birinci kısımda 5-HMF miktarı fazla olan gıdalar belirlenerek, ikinci kısımda, bu gıdalarda 5-HMF miktarının azaltılmasına yönelik imkanlar araştırılmıştır.

4.1. Farklı Gıda Ürünlerinde 5-HMF Miktarının Belirlenmesi

Süt ürünlerinden peynir ve dondurma çeşitlerinin 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında krem peyniri ve kaşar peynir örneklerinde 5-HMF miktarı önemsenmeyecek miktarda düşük çıkmıştır. Sütte, Maillard reaksiyonu laktozun serbest aldehit grubu ile lisinin ε-amino grubu arasında oluşmaktadır [66, 100]. Lisinin amino grubu ile laktozun aldehit grubu reaksiyona girerek, Amadori ürünü olan lactulosyllysine bileşiğini oluştururlar [30] ve asidik koşullarda bu bileşik, 5-HMF'ye dönüşür [122]. Kazeindeki lisinin, serum proteinlerindeki lisine göre daha reaktif olduğu belirlenmiştir ve kazein fraksiyonları içinde de en reaktif kısmın κ-kazein olduğu tespit edilmiştir [123]. Sütte ayrıca lisin haricinde serbest amino asit oranı oldukça düşüktür [124]. Maillard reaksiyonun amadori ürünlerinden 1-amino-1-deoksi-2-ketoz' da, hafif asitli ortamda 5-HMF'ye dönüşmektedir [43]. Peynirde, 5-HMF miktarının belirlenmesine yönelik çok az çalışma mevcut olup, yapılan çalışmada da kahverengi peynirde 5-HMF miktarı 0.08-0.021 mg/kg arasında bulunmuştur [82]. Peynirde 5-HMF oluşmamasının sebepleri; sütün pastörizasyonu sırasında uygulanan ısıl işlemin (75–85 °C) çok yüksek olmaması, asitliğin düşük olması (düşük pH değerlerinde maddelerin çevresinde daha fazla sayıda H^+ iyonu bulunmaktadır. Bu H^+ iyonları amino asitlerin negatif yüklü kısımlarıyla reaksiyona girerek onların indirgen şekerlerle olan reaksiyonunu azaltırlar [35]) ve yinede gerçekleşen ısıl işlem sırasında

da oluşması muhtemel 5-HMF'nin de peynir suyu ile birlikte ayrılması olabilir. Peynir üretildikten sonra depolama sıcaklığının düşük olması ve laktozun büyük çoğunluğunun peynir suyuna geçmesi de, peynirde depolama sırasında 5-HMF oluşumunu engelleyecek faktörler arasında gösterilebilirler.

Süt ürünlerinde peynire ilaveten farklı dondurma örneklerinin de (Sade, çilekli, kivili, kakaolu, limonlu, karamelli) 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, sade dondurma örneklerinde üç markada 5-HMF bulunamamış iken, diğer üç markada 5-HMF miktarı sırasıyla 1.95 ppm, 2.17 ppm ve 5.25 ppm bulunmuştur. Genel olarak diğer dondurma çeşitlerine bakıldığında da 5-HMF miktarının markalar arasında farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu farklılıkta önemli bir faktörün pH olduğu söylenebilir. Çünki yukarıda amadori ürünü olan lactulosyllysine bileşiğinin asit ortamında 5-HMF' ye dönüştüğü belirtilmişti. Limonlu dondurmaların pH değeri sade ve kakaolu dondurmalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Karamelli dondurmalara bakıldığında ise diğer dondurmalara göre oldukça yüksek miktarda 5-HMF düzeyi saptanmıştır. Ayrıca karamelli dondurmaların farklı markalarında da 5-HMF miktarının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi karamel şekerin asitli ortamda yüksek sıcaklıkla muamelesi sonucu elde edilen bir üründür [61]. Dolayısıyla karamel içeren ürünlerde 5-HMF miktarının yüksek olması beklenebilmektedir [6].

Dondurma çeşitleri ve markaları arasındaki 5-HMF miktarı bakımından farklılıkların aşağıdaki sebeplerden kaynaklanabileceğini söyleyebiliriz.

- Kullanılan hammaddelerdeki farklılıklar veya hammadde oranlarındaki farklılıklar (özellikle şeker miktarı),
- Kullanılan sütün protein ve şeker içeriği [125, 126],
- Sütün veya kullanılan hammaddelein tuz miktarı ve pH düzeyi. Ayrıca sitrat ve fosfatın laktuloz oluşumunu katalizlediği belirlenmiştir [127], dolayısıyla laktozun glukoz ve galaktoza dönüşmesi engellenmektedir.
- Kullanılan hammaddelerin ve ürünün üretim aşamasındaki proses şartları, özellikle de uygulanan ısı şiddeti ve süresi [99],
- Süte uygulanan ısıl işlem şiddeti veya çeşidi de lisinin parçalanmasını etkilemektedir. Direk UHT uygulaması, indirek UHT uygulamasına göre lisini daha az parçalamakta olduğu bilinmektedir. Bunun sebebi, direk UHT

uygulamasında sütün seyreltilmesiyle ortamdaki reaktantların miktarının azalması olduğu ifade edilmiştir [128, 129].

Literatürde, dondurmada 5-HMF miktarının belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Piyasadan tüketime hazır halde alınan et ve tavuk döner örneklerinin 5-HMF miktarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Et ve tavuk dönerlerinin 5-HMF içeriği 0 ppm ile 0.43 ppm arasında değişmektedir. Et ürünlerinde, aralarında maillard reaksiyonun görülebileceği bileşikler serbest şekerler, şeker fosfatları, nükleotit bağlı şekerler ile serbest aminoasitler, peptitler, nükleotitler ve tiamin gibi diğer nitrojen içeren bileşiklerdir [130]. Piyasadan temin edilen üç farklı sucuk örneği tavada kızartılmış ve bunların 5-HMF içeriği de tespit edilmiştir. Sucuk örneklerinin 5-HMF içeriği ve pH değerleri tespit edilmiştir. Sucuk örneklerinin pH aralığı 5.04 ile 6.49 arasında değişmiştir. Literatürde de buna benzer sonuçlar mevcuttur [131]. Sucuk örneklerinin 5-HMF aralığı ise 0.81 ppm, 3.45 ppm ve 7.40 ppm bulunmuştur. Sucuk üretiminde ürüne tat vermek amacıyla ve fermentasyonunun oluşması için şeker katılmaktadır [132]. Bu da üründe 5-HMF oluşumuna sebep olabilir. 5-HMF miktarının farklı olması ise, ürünün üretim prosesindeki farklılıklardan, ürüne katılan hammaddelerin oranından ve olgunlaşma süresinden kaynaklanabilir. Eğer olgunlaşma süresi gerekenden az olursa ortamda bulunan şeker tam olarak parçalanamayacak, bu da üründeki şeker miktarını etkileyerek, pişirme sırasındaki maillard reaksiyon oluşumunu tetikleyecektir. Sosis örneklerinin 5-HMF içeriği, 0.59 ppm, 0.81 ppm ve 1.38 ppm'e kadar değişmiştir. Salam örneklerinde ise bu değerler 0.51 ppm, 0.65 ppm ve 0.74 ppm arasında değişmiştir. Bu ürünlerin formülasyonlarına şeker ve nişasta katılmaktadır [133, 134]. Bu karbonhidratlar da ısıl işlem esnasında veya asitli ortamda parçalanmayla 5-HMF oluşumuna neden olabilir. Ayrıca ürünlerin üretim aşamalarında, ön kurutma (58 °C, 20 dakika), tütsüleme (65°C, 25 dakika) ve pişirme (74°C, 35 dakika) işlemleri uygulanmaktadır [135]. Bu ısıl işlemlerde ürünlerde 5-HMF oluşumuna neden olabilir. Literatürde sucuk, sosis ve salam örneklerinde 5-HMF analizine dair bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Piyasadan üç farklı kakaolu ve vanilyalı puding örnekleri toplanmıştır. Üretici firmanın tarif ettiği şekilde pudingler hazırlanıp, örneklerde 5-HMF analizi yapılmıştır. Kakaolu

puding örneklerinin 5-HMF miktarı 0.11 ppm ve 2.13 ppm bulunmuştur. Vanilyalı puding örneklerinin ise 5-HMF miktarı, 0.38 ppm, 1.09 ppm ve 1.47 ppm bulunmuştur. Bilindiği gibi puding örneklerinin formülasyonunda peynir suyu tozu, şeker, süt tozu, nişasta gibi hammaddeler bulunmaktadır. Bunlardan süt tozu ve peynir suyu tozu gibi örneklerin üretimi sırasında 5-HMF oluşmaktadır. Dolaysıyla bu örneklerin yapısında 5-HMF bulunmaktadır. Literatürde de bu ürünlerin yapısında 5-HMF bulunduğuna dair çalışmalar vardır [98, 104, 105, 110]. Pudinglere hammadeden gelen 5-HMF dışında, puding üretim aşamasında uygulanan ısıl işlem de formülasyonda olan şeker, protein ve nişastadan da 5-HMF oluşmasına neden olabilir. Puding örnekleri arasındaki farklar da ürün formülasyonunda kullanılan hammadde oranları arasındaki farktan kaynaklanmış olabilir.

Sıcak çikolata örnekleri kontrol edildiğinde, 5-HMF miktarının 9.51 ppm, 0.28 ppm ve 1.48 ppm olarak bulunmuştur. Sıcak çikolatanın formülasyonuna baktığımızda yağsız süttozu, şeker, peynir suyu tozu gibi maddeler bulunduğunu görmekteyiz. Sıcak çikolatada bulunan 5-HMF'nin, ya süttozu gibi hammaddelerden veyahutta hazırlama sırasındaki sıcak su ile muameleden sonra şekerlerle proteinler arasında oluşabilecek reaksiyondan meydana gelebileceği düşünülmektedir. Örnekler arasındaki farklılıkta ürün formülasyonundaki farklılıklardan (süttozu oranı, şeker miktarı, peynir suyu tozu oranı) ve kullanılan hammaddelerin çeşitliliğinden (üretim esnasındaki prosesler) kaynaklanmış olması muhtemeldir. Kapuçino örneklerinin 5-HMF miktarı ise 1.50 ppm, 24.26 ppm ve 15.94 ppm olarak bulunmuştur. Kapuçino örneklerinin formülasyonunda ise yağsız süttozu, laktoz, kahve, sodyum kazeinat gibi maddeler bulunmaktadır. Kapucino formülasyonuna bakıldığında da, kahve, yağsız süttozu gibi 5-HMF içermesi muhtemel maddeler içermektedir. Bilindiği gibi kahve üretimi sırasında, kahve tohumları 200–250°C' de 0.75 dakikadan 25 dakikaya kadar değişen sürelerde ısıl işleme maruz bırakılmaktadır [136]. Kahvede, 5-HMF miktarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, 5-HMF miktarının 100–1900 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir [88, 90]. Bu sonuçlar dikkate alındığında, kapuçino örneklerinde tespit edilen 5-HMF'nin büyük bir kısmının kahveden gelme olasılığı çok yüksektir. Dolayısıyla hammadde de kullanılan kahvenin oranı ve üretim şekli de üründe oluşan 5-HMF miktarını direk olarak etkileyen faktörlerdendir. Ayrıca formülasyonda bulunan süttozu da üründeki 5-HMF miktarını etkileyebilir. Bunların dışında, sıcak su veya süt

katılmasıyla tüketime hazırlanan üründe, sıcaklığın etkisiyle şekerler ile proteinler arasında oluşması muhtemel reaksiyon da 5-HMF oluşumuna neden olabilecek faktörler arasında gösterilebilir.

Piyasadan alınan farklı domates ve tavuk çorbaları, üretici firmanın belirttiği şekilde hazırlanmış ve tüketime hazır çorbalarda 5-HMF analizi yapılmıştır. Tavuk çorbasında, 5-HMF bulunamamış iken, domates çorbasında ise 5-HMF miktarı 0.28 ppm, 0.60 ppm ve 1.56 ppm olarak bulunmuştur. Domates çorbasının formülasyonunda bulunan süttozu, peynir suyu tozundan dolayı, domates çorbası örneklerinde 5-HMF düzeyi etkilenmiş olabilir. Tavuk çorbasında ise 5-HMF içermesi muhtemel herhangi bir madde bulunmamaktadır. Toz çorbalarda 5-HMF içeriğinin araştırılmasına dair literatürde herhangir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Piyasadan farklı patates cips örnekleri temin edilerek, bu ürünlerin 5-HMF miktarı belirlenmiştir. Cips örneklerinin pH değerleri birbirine çok yakın olup 6.05 ile 6.44 arasında değişmiştir. Beş çeşit cips örneğinin 5-HMF miktarı 1 ppm den düşük olup 0.12 ppm ile 0.54 ppm arasında değişmektedir. Sadece bir örnekte 5-HMF miktarı 3.00 ppm olarak belirlenmiştir. Cips örneklerinin formülasyonlarında süt proteini (aroma verici), şeker ve askorbik asit kullanılmaktadır. Isıl işlem sırasında gerçekleşen maillard reaksiyonu da, üründe 5-HMF oluşumuna neden olmuş olabilir. Ayrıca askorbik asitin de parçalanması sonucu 5-HMF oluşabilmektedir [54]. 5-HMF miktarının değişmesinde temel etken olarak ürünlerin formülasyonundaki ve hammaddelerdeki farklılıklar ve kızartma sıcaklığı ile süre gösterilebilir.

Kakaolu, meyve aromalı ve karamelli kek örneklerinde de 5-HMF analizi yapılmıştır. Örneklerin pH değerlerinin 5.90 ile 6.87 arasında değiştiği görülmektedir. Bu tarz tüketilmeden önce oda sıcaklığında belli bir süre bekletilebilen ürünlerde pH değeri maillard reaksiyonunun oluşması açısından önemlidir. Maillard reaksiyon hızı asidik ortamlarda düşükken, pH' a 10 değerine kadar bu reaksiyon hızlanmaktadır [35]. Dolayısıyla bu ürünlerde oluşan 5-HMF miktarı değerlendirilirken üretim tarihi de önem arzetmektedir. Örneklerin 5-HMF miktarına bakıldığında ise, 5-HMF miktarının karamelli kek örneğinde diğer kek örneklerinden oldukça fazla olduğu görülmektedir. Karamelli kek örneğinde 17.51 ppm 5-HMF bulunmuştur. Karamel yukarıda da belirtildiği gibi 5-HMF miktarının fazla olmasını sağlayan temel etmendir. Meyveli ve

kakaolu kek örneklerinin ise 5-HMF değeri 1.43 ppm ile 3.12 ppm arasında bulunmuştur. Bu örneklerde görülen farklılıklar, hammadde farklılıklarından, hammadde oranlarından, üretim proesesinden (uygulanan sıcaklık, sıcaklığa maruz kaldığı süre) ve üretiminden tüketimine kadar arada geçen süre farklılıklarından kaynaklanmış olabilir.

Piyasadan tuzlu, kakaolu, kremalı ve karamelli bisküvi örnekleri temin edilerek, bu ürünlerde 5-HMF analizi yapılmıştır. Ürünlerin pH değerleri birbirine yakın olup 6.84 ile 7.45 arasında değişmiştir. Tuzlu bisküvi örneklerinin 5-HMF değeri 1.15 ppm, 1.46 ppm ve 2.67 ppm bulunmuştur. Kakaolu bisküvi örneklerinin 5-HMF değeri de tuzlu bisküvilere yakın olup 1.58 ppm, 1.28 ppm ve 2.21 ppm bulunmuştur. Kremalı örneklerin 5-HMF miktarı 1.01 ppm ve 3.31 ppm bulunmuş iken karamelli bisküvilerin 5-HMF değeri 9.96 ppm ve 52.12 ppm bulunmuştur. Yukarıdaki sonuçlara paralel olarak karamelli örneklerin 5-HMF değeri diğer bisküvi çeşitlerinden oldukça yüksek çıkmıştır. Bisküvilerin formülasyonuna baktığımızda genel olarak, buğday unu, peyniraltı suyu tozu, fruktoz ve glukoz şurubu, süt tozu ingredientlerini görmekteyiz. Bu maddelerden peyniraltı suyu tozu ve süt tozunun, yapılarında 5-HMF içermesi muhtemeldir (Bu hammaddelerin üretim proseslerine göre değişiklik gösterebilir). Dolayısıyla bisküvi örneklerindeki 5-HMF miktarının bir kısmı, reçetede kullanılan bazı hammaddelerden kaynaklanmış olabilir. Ürüne uygulanan ısıl işlemde, formülasyonda bulunan karbonhidrat ve proteinler arasında maillard reaksiyonuna neden olduğu bilinmektedir. Bu da ürüne uygulanan ısıl işlem şiddeti ve süresiyle direk olarak ilgilidir [29, 114]. Dolayısıyla bisküvi ürünlerindeki 5-HMF miktarının farklı olması, diğer ürünlere benzer olarak formülasyon farklılığından, pişirme sıcaklığının ve süresinin farklılığından, üretim zamanı ile tüketim süresinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Bilindiği gibi depolama sırasında da 5-HMF oluşumu devam etmektedir.

Piyasadaki çikolatalar dört gruba (Karamel, beyaz, bitter, diğer (fındıklı, fıstıklı, çikolatalı gofret)) ayrılarak sınıflandırılmış ve bunların 5-HMF değerleri belirlenmiştir. Çikolata örneklerinin pH değerleri arasında çok büyük farklılıklar olmayıp, 6.67 ile 7.00 arasında değiştiği gözlenmiştir. Karamelli çikolata örneklerinin 5-HMF değeri 4.48 ppm ile 34.60 ppm arasında değişmiştir ve beklenildiği gibi diğer çikolata örneklerine göre daha fazla miktarda 5-HMF içermektedir. Beyaz çikolata örneklerinin 5-HMF içeriği, diğer gruplara kıyasla en az miktardadır. Bitter çikolata örneklerinin 5-HMF düzeyi,

0.69 ppm, 6.81 ppm ve 7.23 ppm olarak bulunmuştur. Diğer çikolata örneklerinin 5-HMF miktarı ise 0.73 ppm ile 11.05 ppm arasında değiştiği saptanmıştır. Literatürde de farklı çikolata örnekleri üzerinde yaptıkları 5-HMF analizinde, çikolata örneklerinin 5-HMF aralığı 42.1 ppm ile 164.7 ppm arasında değiştiği görülmektedir [52]. Çikolata örneklerinde de bisküviye benzer olarak süt tozu, şeker, peyniraltı suyu tozu gibi 5-HMF içeriği yüksek bazı hammaddeler bulunmaktadır. Kullanılan hammaddeler arasındaki ve miktarlarındaki farklılıklar ve çikolata üretiminde uygulanan ısıl işlem şiddeti çikolata örneklerinin 5-HMF miktarı arasındaki farklılıkların nedeni olabilir.

Yukarıda geçen ürünlere ilave olarak cevizli sucuk, sade lokum ve aromalı lokum örneklerinde de 5-HMF analizi yapılmıştır. Cevizli sucuk örneklerine bakıldığında pH değeri 5.74 ile 6.10 arasında değiştiği görülmüştür. Bu ürünlerin 5-HMF miktarı ise 2.78 ppm, 12.37 ppm ve 37.19 ppm bulunmuştur. Bilindiği gibi cevizli sucuk taze üzüm şırasının veya pekmezin nişasta ile kaynatılıp hazırlanan peltesine iplere dizilmiş iç ceviz, fındık, fıstık veya badem gibi kuruyemişlerin birkaç kez batırılıp çıkarılması ve kurutulması ile elde edilen geleneksel gıdalarımızdan birisidir [137, 138, 139]. Cevizli sucuk üretiminde kullanılan üzüm şırası veya pekmez yüksek miktarda karbonhidrat içermektedir [140, 141]. Ayrıca üzüm şırasının pH değeri 3-4 civarındadır. Dolayısıyla pekmez üretilirken asitli ortamda şekerin yüksek sıcaklıkta parçalanmasından dolayı 5-HMF oluşmaktadır. Pekmezde 5-HMF miktarına ilişkin literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Beş çeşit üzüm pekmezinde 8 aylık depolamada 5-HMF miktarının değişiminin araştırıldığı bir çalışmada birinci günde örneklerin 5-HMF miktarı 19.08 ppm ile 261.10 ppm arasında bildirilirken, 8 aylık depolama sonunda bu değerler aralığı 48.47 ppm ile 500.28 ppm arasında değiştiği vurgulanmıştır [98]. Ayrıca cevizli sucuk üretiminde pekmez veya üzüm şırasına nişasta eklenmesi de 5-HMF miktarını artırıcı faktörlerdendir [142]. Çünki nişasta ısıl işlem sırasında glukoz ve fruktoza veya maltodekstrin, maltoz ve glukoz karışımına parçalanmaktadır [86]. Bu hidrolizle oluşan maltoz ve monosakkaritle gibi indirgen şekerler de karamelizasyon veya amino asitlerin bulunduğu ortamda maillard reaksiyonuna katılırlar. Yine cevizli sucuk üretiminde sitrik asit asitliği düzenleyici olarak kullanılmaktadır [143]. Bu da pH'yı düşürerek, karamelizasyon sonucunda oluşan 5-HMF miktarını artırıcı yönde etkiye sahiptir. Pekmez veya üzüm şırası kaynatıldıktan sonra ipe dizilmiş ceviz bu şıranın içerisine daldırılarak 60-70 °C'de kurutma işlemine tabi tutulur. Bu kurutma sırasında da 5-HMF

miktarının artması beklenmektedir. Çünki depolama sırasında pekmezdeki 5-HMF miktarının artması çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir [98]. Yine pekmez nişasta karışımının kaynatılıp daha sonra da kurutulmasıyla elde edilen köfter diye adlandırılan ürün üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, farklı nişasta miktarının ve kurutma sıcaklığının ürünün 5-HMF düzeyi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada nişasta miktarının artması 5-HMF miktarının azalmasına neden olduğu belirlenirken, kurutma sıcaklığının artması ise 5-HMF miktarını artırdığı görülmüştür [144]. Yine katı pekmez örneklerinde kurutma sıcaklığının 5-HMF miktarı üzerindeki etkisi araştırılmıştır ve kurutma sıcaklığının artması 5-HMF oluşum hızını artırdığı görülmüştür [107]. Cevizli sucuk örneklerinde oluşan 5-HMF miktarı, üzüm şırasındaki karbonhidrat miktarına veya kullanılan pekmezdeki 5-HMF miktarına, ilave edilen nişasta miktarına, uygulanan ısıl işlem şiddetine ve süresine ve kurutma sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişebildiği söylenebilir. Ayrıca üründeki ceviz miktarı da 5-HMF miktarını etkileyen temel faktörler arasındadı sayılabilir.

Lokum örneklerine bakıldığında ise pH değerlerinin 3.77 ile 4.96 arasında değiştiği görülmektedir. Sade lokum örneklerinin 5-HMF miktarı 23.94 ppm, 137.08 ppm, 142.86 ppm ve 181.57 ppm arasında değişmektedir. Aromalı lokum örneklerinin 5-HMF değeri ise 32.28 ppm, 45.80 ppm, 58.79 ppm ve 141.83 ppm olarak bulunmuştur. Lokum asitli ortamda su, şeker ve nişasta karışımının yüksek sıcaklıkta ısıl işleme maruz kalması sonucunda üretilmektedir. Lokum da oluşan 5-HMF'de cevizli lokum örneklerindeki gibi şekerin asitli ortamda parçalanması sonucunda oluşmaktadır. Ürün formülasyonu ve uygulanan ısıl işlem şiddeti, üründeki 5-HMF miktarını etkileyen temel faktörlerdendir.

Tez çalışmasının son kısmında alkolsüz gazlı içeceklerin 5-HMF içeriğine bakılmıştır. Genel olarak gazlı içeceklerin 5-HMF içeriği 0.00 ppm ile 3.80 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Gazlı içeceklerin 5-HMF miktarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, kola örneklerinin 5-HMF miktarının 0.7 ppm ile 10.3 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir [87]. Bir başka çalışmada ise kola örneğinde 9.5 ppm 5-HMF belirlenmiştir [91]. Bu tarz ürünlerde 5-HMF, şurup hazırlama aşamasında, şekerin yüksek sıcaklıkta karamelizasyonu sonucunda oluşabilmektedir. Ayrıca sitrik asit gibi maddelerin ilavesi de şekerin 5-HMF'ye degredasyonunu hızlandıran faktörlerden olabilir [46]. Ayrıca kola örneklerine renk vermek amacıyla karamel katılmaktadır. Bu

da üründeki 5-HMF miktarını etkileyebilir çünkü literatürden anlaşılabileceği üzere karamelli ürünlerde 5-HMF düzeyi yüksektir [6]. Kola üretimi, hazırlanmış şurubun, suyun ve kola aromasının belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Bu formülasyondaki karışım oranı da 5-HMF miktarını etkileyen faktörlerden sayılabilir.

4.2. 5-HMF Miktarının Model Karamel Ortamında Azaltılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

4.2.1. Farklı Şeker ve Asit Kullanılarak Hazırlanan Model Karamel Örnekleri

Tez çalışmasının bu kısmında farklı şeker (sukroz, glukoz, fruktoz) ve farklı asit (malik asit, sitrik asit, tartarik asit) kullanılarak karamel ürünleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ürünlerin reolojik özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin akış davranışını belirlemek için dört farklı modelin (Ostwald de Waele, Herschel Bulkley, Bingham plastic, Newtonian) R^2 değerleri karşılaştırılmıştır. Bingham plastik ve Herschel Bulkley modellerinin değerlerine bakıldığında bazı örneklerin yield stres (σ_0) değerinin sıfırdan küçük olduğu görülmektedir. Bu değerin sıfırdan küçük olması herhangi bir anlam ifade etmediğinden, bu iki modeli karşılaştırmaya alınmamıştır. Ostwald de Waele ve Newtonian modeller karşılaştırıldığında, karamel örneklerinin akış davranışını en iyi Ostwald de waele modelinin açıkladığı belirlenmiştir (R^2>0.9996). Örneklerin kıvam katsayısı değerlerine bakıldığında farklı asit kullanımının ürünlerin kıvam katsayısını değiştirmediği gözlemlenmiştir (P>0.05). Yine fruktoz ve sükroz şekerleri arasında da kıvam katsayısı açısından önemli bir fark bulunamamıştır (P>0.05). Fakat glukoz karamellerinin kıvam katsayısı, sukroz ve fruktoz şekerlerine göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Örneklerin pH değerlerine bakıldığında asit ve şeker tiplerine göre bir trend bulunamamıştır. Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan model karamel örneklerinin °Briks değerlerine bakıldığında, kıvam katsayısı değerinde olduğu gibi model glukoz karamellerinin °Briks değerlerinin, diğer örneklere göre de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ürünlerdeki esmerleşmenin bir göstergesi olarak 420 nm'de absorbans değerlerine bakılmıştır [116]. Glukoz örneklerinin absorbans değeri diğer şekerlerden yapılan karamellere göre oldukça düşük çıkmıştır. Ayrıca model glukoz karamellerinde farklı asit kullanımının ürünün absorbans değeri üzerinde herhangi bir etkisinin

bulunmadığı görülmektedir (P>0.05). En yüksek absorbans değeri (0.749) sukroz ve sitrik asit karışımı kullanılarak oluşturulan model karamel örneğinde gözlemlenmiştir.

Model karamel örneklerinin 5-HMF miktarları incelendiğinde şeker çeşidinin üründe oluşan 5-HMF miktarını önemli derecede etkilediği görülmektedir (P<0.05). Glukoz model karamellerinde farklı asit kullanımı ürünün 5-HMF miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip değil iken, fruktoz ve sukroz model karamellerinde bu etki önemli bulunmuştur (P<0.05). En yüksek 5-HMF miktarı 4124.32 ppm olarak, sukroz ve sitrik asit kullanılarak oluşturulan model karamel örneğinde bulunmuştur. Sukroz model karamellerinde 5-HMF miktarı, glukoz ve fruktoz model karamellerine göre daha yüksek bulunmuştur. Yalnız tartarik asit kullanıldığında, fruktoz model karamelinde sukroza göre daha fazla 5-HMF oluştuğu görülmektedir. Glukoz model karamellerindeki 5-HMF miktarının diğer iki şeker çeşidine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Literatürde de farklı ortamlarda şekerlerin indirgen şekerlere parçalanmasının farklı şekillerde olduğu görülmektedir [114]. Bu da doğrudan üründe bulunan 5-HMF miktarını etkileyen faktörler arasındadır. Farklı şeker kullanılarak hazırlanan bisküvilerin 5-HMF miktarı üzerine sıcaklığın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 200°C'de fruktoz ile hazırlanan model örneğin 5-HMF miktarı, glukoz ve sukroz kullanılarak oluşturulan örneklerin 5-HMF miktarından yüksek bulunmuş iken 250°C ve 300°C'de hazırlanan sukroz içeren model örneğin, diğer iki şeker ile hazırlanan örneklerden daha fazla 5-HMF içerdiği belirlenmiştir [86]. Sukroz ve fruktoz da daha fazla 5-HMF görülmesinin bir nedeni de glukoz örneklerinde 5-HMF'nin diğer şekerlerden daha önce oluşup, bu oluşan 5-HMF'nin başka maddelere dönüşmesi ihtimalidir. 5-HMF'nin asit ortamında levulinik asit ve formik asite parçalandığı belirtilmektedir [145]. Bilindiği gibi diğer şekerlerden 5-HMF oluşması için ara basamak olarak bunların glukoza dönüşmesi gerekmektedir. Bu da, bu ürünlerde 5-HMF'nin daha geç oluşmasına ve dolayısıyla daha az süre ısıl işlemle muamele görmesine ve başka ürünlere daha az dönüşmesine neden olmaktadır.

Tezin bu kısımda son olarak, parametreler arasındaki ilişkinin derecesini ve bu ilşkinin yönünü belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. 5-HMF ile K, η_{50} *ve* °Briks değerleri arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur. K, η_{50} *ve* °Briks değerleri arasında güçlü bir ilişki genelde beklenilir. Çünki çözünen kuru madde ile doğru orantılı olarak K ve η_{50} değerleri artar veya azalır. 5-HMF ile absorbans değeri arasında ise

pozitif yönde kuvvetli bir korelasyon tespit edilmiştir. Chen ve arkadaşlarının [116] fruktoz karamelleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada da 420 nm dalga boyundaki absorbans değeri ile üründe oluşan 5-HMF miktarı arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Ekmekte maillard oluşumunun incelendiği bir çalışmada 5-HMF miktarı ile esmerleşme arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon (R^2=0.9023) bulunmuştur [70].

4.2.2. Karamel Ortamında Lif İlavesinin Model Karamelin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışmasının bu kısmında karamel ortamında %3 oranında lif ilave edilmiş ve bu liflerin oluşan karamel örnekleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada on farklı lif kullanılmıştır. Beş farklı inülin lifine ilave olarak buğday lifi, elma lifi, limon lifi, bezelye lifi ve yulaf lifi model ortama eklenilmiştir. Örneklerin pH aralığı 2.21 ile 2.93 arasında değişmektedir. İnülin tiplerinin pH üzerindeki etkisi önemsiz çıkar iken (P>0.05), inülini bir grup olarak düşündüğümüzde lif çeşidinin ürünün pH değeri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur (P<0.05). Lif ilave edilmiş karamel örneklerinin renk değerleri incelendiğinde L^*, a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 8.28–24.35, -0.95–6.71 ve -0.72–13.33 arasında değiştiği görülmektedir. Lif kullanımının kontrole göre renk kullanımını önemli derecede değiştirdiği görülmektedir (P<0.05). HPX tipi inülin ilave edilen örneğin L^* ve a^* değerlerinin kontrole oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ürünlerin renk değerlerinin farklı olmasının sebepleri arasında karamelizasyon üzerine farklı etkilerinin olması ve inülin haricindeki diğer liflerin çözünmemesi ayılabilir. Bu çözünmeyen kısım kendi rengini de ürüne vererek arada farklılıklar oluşmasına neden olmuştur.

Lif ilave edilmiş model karamellerin °Briks değerlerine baktığımızda, lif ilave edilen örneklerin °Briks değeri kontrolden daha yüksek bulunmuştur. En yüksek °Briks değerlerine inülin lifleri içeren model karamel örneklerinin sahip olduğunu görmekteyiz. Bunun sebebi de ilave edilen inülinlerin suda çözünmesidir. Buğday, elma, limon, bezelye ve yulaf lifi içeren örneklerin çözünen kısımları oldukça düşük olmasından dolayı (Şekil 2.4), bu liflerin ilavesiyle hazırlanan karamel örneklerinin °Briks değeri, inülin ilave edilerek hazırlanan örneklerden daha düşük bulunmuştur.

Lif içeren model karamel örneklerinin a_w değerleri 0.933 ile 0.950 arasında bulunmuştur. Kontrol örneği ile inülin lifi ilave edilen örneklerin a_w değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P>0.05). Diğer beş lif ilave edilen model karamel örneklerinin a_w değerleri arasındaki farkta istatistikçe önemsiz bulunmuştur (P>0.05). a_w değerleri arasındaki bu farkta diğer liflerdeki çözünmeyen kısımların suyu bağlayamamasından kaynaklanmış olabilir.

Model karamel örneklerinde yapılan bir diğer analizde 420 nm'deki absorbans değerinin belirlenmesidir. Örneklerin absorbans değerlerinin (100 ile çarpılmış hali) -3.22 ile 43.90 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek absorbans değeri limon lifi ilave edilmiş örnekte görülmektedir. HPX tipi inülin hariç, diğer inülin ilave edilen örneklerin absorbans değerleri arasında fark bulunamamıştır (P>0.05). Fakat diğer örnekler arasındaki fark istatistikçe önemlidir (P<0.05). Absorbans değerlerindeki farklılıkta, ürünlerdeki karamelizasyon reaksiyonunun farklılığından ve liflerin kendi renklerinden gelen kahverengilikten kaynaklanmış olabilir [68].

Tezin konusundan dolayı en önemli parametre olan 5-HMF ise, lifli model karamel örneklerinde 7.05 ppb ile 97.76 ppb arasında değişmektedir. Kontrol örneğinin 5-HMF miktarı 77.61 ppb bulunmuştur. Sonuçlara göre buğday, elma, limon, bezelye ve yulaf lifi ilave edilmiş örneklerin 5-HMF miktarı, kontrole göre oldukça düşük çıkmıştır. Fakat bundaki temel etmen kullanılan liflerin, şekerin karamelizasyonunu engellemesinden veya şekerin 5-HMF'ye dönüşümünü azaltmasından dolayı ortaya çıkan bir düşüş değildir. Liflerin çözünmemiş kısmlarının da 5-HMF analizi için alınan örnekte bulunmasından dolayı, değerlendirmede 5-HMF miktarı azalmış görünmektedir. İnülin, standart, az şekerli ve yüksek performanslı olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [146]. Standart inülin en fazla %10 şeker içerir. Az şekerli inülin ve yüksek performanslı inülin ise, mono, di ve oligosakkarit fraksiyonlarının ortadan kaldırılması ile oluşur [147]. ST, HSI-t ve GR tipi inülin ilave edilerek oluşturulan karamel örneklerinin 5-HMF içeriği kontrol örneğinden fazla olup, bu örnekler sırasıyla 97.76 ppb, 85.46 ppb ve 88.02 ppb miktarında 5-HMF içermektedir. Bu inülin çeşitlerine baktığımızda, ST ve GR tipli inülinin yapısında % 8 ve oranında glukoz, fruktoz ve sukroz bulunurken, bu şekerler HSI-t örneğinin yapısında %14 oranında bulunmaktadır. GR ve HSI-t tipi inülin içeren karamel örneklerinin 5-HMF miktarları arasında istatistikçe önemli bir fark bulunamamıştır (P>0.05). ST tipi inülin kullanılarak

hazırlanan model karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ise diğerlerinden daha fazladır. İnülin çeşitlerinin içerdiği şeker miktarına bakıldığında en fazla 5-HMF'nin HSI-t içeren lifli örnekte oluşması beklenirdi. Sonuçların buna ters çıkmasının sebebi, inülinlerde bulunana fruktoz, glukoz ve sukroz oranının farklı olmasından kaynaklanabilir. Eğer ST inülininde sukroz oranı yüksek ve diğer iki örnekte de fruktoz veya glukoz oranı daha yüksek ise bu tarz bir sonucun oluşması muhtemeldir. HP ve HPX tipi inülin ilave edilen karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ise sırasıyla 60.83 ppb ve 61.44 ppb bulunmuştur. Bu değerler kontrol örneğinden daha düşüktür. İnülin, fruktoz ünitelerinin β-2-1 bağları ile bağlanması sonucu oluşan bir bileşiktir [146]. Bu iki inülin çeşidinin yapısında şeker bulunmamasına rağmen fruktozdan oluşması, HP ve HPX tipi inülin ilave edilen karamel örneklerinin 5-HMF miktarının kontrolden daha yüksek olması beklentisini oluşturabilirdi. Fakat fruktoz ünitelerinin β-2-1 bağları ile bağlı olması, inülinin fruktoza parçalanmasını zorlaştırmaktadır. Bu da inülinin yapısındaki fruktozdan 5-HMF oluşumunu güçleştirmektedir. HP ve HPX tipi inülin içeren karamellerin 5-HMF miktarının kontrolden düşük olması, karamel yapımında kullanılan asitin bir miktarının inülinin parçalanması için kullanılmasıyla ve şeker ile asit molekülleri arasına bu inülin moleküllerinin girerek şekerin parçalanmasının yavaşlaması şeklinde açıklanabilir. Literatürde, lifin 5-HMF oluşumunu azaltabileceğine dair bilgiler mevcut olup [6], bu konuda yapılan herhangi bir çalşamaya rastlanılamamıştır.

4.2.3. Karamel Ortamında Farklı Su İlavesinin Model Karamellerin Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışmasının bu kısmında ise model karamel üretim aşamasında kullanılan suya %10 oranında farklı sebze, meyve ve serum (yoğurt, peynir) suları ilave edilerek oluşturulan karamellerin özellikleri incelenmiştir. Maydanoz suyu, dere otu suyu, tere suyu, ekşimen otu suyu, semizotu suyu, siyah üzüm suyu, havuç suyu, yoğurt suyu, peynir suyu, mor lahana suyu ve pancar suyu kullanılmıştır. Kullanılan suların da, pH, °Briks ve renk değerleri (L^*, a^* ve b^*) belirlenmiştir. Suların pH değerlerine bakıldığında 3.33 ile 6.96 arasında değiştiği görülmektedir. Maydanoz suyunun ve tere suyunun pH değerleri arasında fark bulunmaz iken (P>0.05), diğer örneklerin pH değerleri arasındaki fark istatistikçe önemli bulunmuştur (P<0.05). Kullanılan farklı suların °Briks değerleri ise 1.61 ile 21.10 arasında değişmektedir. En yüksek °Briks

değerine siyah üzüm suyu sahiptir. Örneklerin renk değerleri arasındaki farklarda istatistikçe önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Maydanoz, E ve C vitamini bakımından, β-karoten, tiamin ve organik mineraller bakımından oldukça zengindir [148]. Dereotu ise vitamin C ve β-karotene ilave olarak potasyum, sodyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve demir gibi minerallerce zengin bir bitkidir [149]. Semizotunun bileşiminde ise, omega-3 yağ asitleri, β-karotene [150], vitaminler, esansiyel amino asitleri, tokoferol, askorbik asit [151], fenolik maddeler [152, 153, 154], kumarinler [155], organik asitler [156] ve alkoloidler bulunmaktadır [157]. Tereotunun ise alkoloid [158], β-karotene, askorbik asit [159] bakımından zengin olduğu belirtilmiştir. Siyah üzüm antosiyanin ve polifenol gibi antioksidan maddeler [160], potasyum, kalsiyum, magnezyum, seluloz, protein, tenin, lignin ve glukoz içermektedir [161]. Havuç da karotenoid ve fenolik madde açısından zengin olup [162, 163], yapısında diyet lifi ile antioksidan özellik gösteren biyoaktif maddelerce zengindir [163]. Mor lahananın kuru ağırlığının % 90'lık kısmını karbonhidratlar oluştururken, bu karbonhidratların üçte birlik kısmını ise diet lifleri oluşturmaktadır [164]. Karbonhidratlara ilave olarak mor lahana, önemli miktarda askorbik asit, fenolik bileşikler ve tokoferol gibi antioksidan maddeler içermektedir [164, 165, 166]. Şeker pancarı da şeker bakımından zengin olduğu gibi diyet lifi bakımındanda zengindir. Ayrıca bol miktarda B vitaminleri (B1, B2, B3, B6) ve folik asit içermektedir [167]. Peynir suyunda ise laktoalbumin ve laktogulobülin gibi serum proteinleri ile değişen düzeylerde laktoz, yağ, mineral madde (kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, klorür), laktik asit (% 0.05) ve vitaminler bulunmaktadır [168]. Peynir yapımına göre farklılık göstermekle birlikte, kullanılan sütün %70-90'ı peynir suyu olarak ortaya çıkmaktadır [169]. Yoğurt suyu ise üründen ürüne farklılık göstermekle birlikte bir çalışmada % 0.05 oranında yağ, %0.78 oranında protein ve %0.44 oranında mineral madde içerdiği tespit edilmiştir [170].

Farklı sebze, meyve, yoğurt ve peynir suyu kullanılarak hazırlanan karamel örneklerinin pH değeri 2.21 ile 2.75 arasında değiştiği saptanmıştır. Karamel üretiminde su yerine %10 oranında farklı sebze suyu kullanımı, pH değeri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ($P<0.05$). Bazı ürünlerde karamelin renklendirici olarak katıldığını düşünürsek, renk karamel için önemli bir özelliktir. Dolayısıyla kattığımız maddenin karamel örneklerinin renk değerleri üzerinde kontrole göre oluşturduğu farklılıkta önem

kazanmaktadır. Kontrol örneği ile kıyaslandığında, dereotu, semizotu, üzüm suyu ve yoğurt suyu ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin *L** değerlerinin kontrol örneğinin *L** değeri ile farkının istatistikçe önemsiz olduğu görülmektedir ($P>0.05$). Fakat diğer karamel örnekleri ile kontrol örneğinin *L** değerleri arasındaki fark istatistikçe önemlidir ($P<0.05$). Üründeki kırmızılıktan yeşilliğe geçişin bir göstergesi olan *a** değeri incelendiğinde kontrol örneği ile, yoğurt ve peynir suyu ilave edilen örnekler arasında istatistikçe önemli bir fark bulunamamıştır ($P>0.05$). Diğer örnekler ile kontrol örneği arasındaki fark istatistikçe anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$). Diğer bir renk parametresi olan *b** değerleri incelendiğinde ise kontrol örneği ile mor lahana suyu ilave edilen örnek arasındaki fark önemsiz olduğu gözlenmiş iken ($P>0.05$), diğer örneklerin *b** değeri ile kontrol örneğinin *b** değeri arasındaki fark ise istatistikçe önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu da ilave edilen örneklerin renk değerleri arasındaki fark ve bu eklenen sularda bulunan farklı maddelerin karamelizasyon reaksiyonunu farklı derecede etkilemesi, karamel örnekleri arasında gözlemlenen renk farklılıklarının temel etmeni olarak açıklanabilir. Üç renk değeri de dikkate alındığında, kontrol örneği ile bire bir aynı olan örnek bulunamamıştır. Karamel için de renk önemli bir parametre olduğu için ya bu eklenen suların miktarlarını değiştirerek ya da bunların karışımını yaparak renk değeri açısından kontrole yakın bir örnek elde edilebilir. Renk değerleri genel olarak gözden geçirildiğinde kontrole en yakın örneğin yoğurt suyu ilave edilen örnek olduğu görülmektedir.

Karamel örneklerinin °Briks değerleri incelendiğinde, örneklerin °Briks değerlerinin 35.07 ile 36.23 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol örneğinin °Briks değeri ile diğer örneklerin °Briks değeri arasındaki fark istatistikçe önemli bulunmuştur ($P<0.05$) ve en düşük °Briks değerine sahip örnek kontrol örneği olarak bulunmuştur. En yüksek °Briks değerine üzüm suyu ilaveli karamelde rastlanılmıştır. Bu da üzüm suyunun °Briks değerinin diğer ilave edilen sulara göre daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. Su aktivitesi değerleri incelendiğinde, yine su yerine farklı su kullanımının su aktivitesi değerini önemli derecede etkilediği görülmektedir ($P<0.05$).

Üründeki esmerleşmenin bir indikatörü olan 420 nm'de elde edilen absorbans değeri de en yüksek üzüm suyu ilaveli karamel örneğinde rastlanılmıştır. Kontrol örneği ile dere otu suyu ilaveli örnek arasında istatistikçe önemli bir fark bulunamamıştır ($P>0.05$). Diğer karamel örnekleri ile kontrol örneği arasındaki fark istatistikçe anlamlı

bulunmuştur ($P<0.05$). Karamel örneklerinin absorbans değerlerinin arasındaki fark, ilave edilen suyun renginin farklı olmasından ve ısıl işlem sırasında oluşan karamelizasyon reaksiyonunun ortamda bulunan diğer bileşiklerden farklı derecede etkilenmesinden kaynaklanmış olabilir.

Bu kısımda oluşturulan karamel örneklerinin 5-HMF değerleri incelendiğinde mor lahana suyu ve şeker pancarı ilave edilen karamel örneklerinin 5-HMF değerinin kontrol örneğinden daha fazla olduğu görülmektedir. Mor lahana ve şeker pancarı örneğinin içerdikleri karbonhidrat miktarının fazla olması ve yapısında bulunan diğer maddelerin ortamda bulunan şekerin asit ile 5-HMF'ye parçalanmasını engelleyememesinden dolayı, bu iki sebze suyu ilave edilen karamel örneklerinin 5-HMF miktarının kontrol örneğinden daha fazla olduğu söylenilebilir. Bu iki sebze suyu haricinde kullanılan farklı suların ise 5-HMF miktarını önemli derecede azalttığı görülmektedir. 5-HMF'deki azalmanın temel nedeni olarak, ortamdaki asitin bir kısmının ortamda bulunan diğer maddeler ile reaksiyona girmesinden dolayı şekerin parçalanmasında rol alan asit miktarının kontrole göre daha az olması gösterilebilir. Ayrıca ortamda bulunan mineral ve organik asitlerin karamelizasyon reaksiyonunu farklı şekilde etkilemesi de bu azalmayı sağlayan ikinci bir faktör olarak düşünülebilir. Ortamda bulunan katyonların glukozun parçalanmasını hızlandırarak, 5-HMF oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir [115]. Dolayısıyla ilave edilen sularda bulunan katyonların ve anyonların 5-HMF oluşumu üzerinde önemli derecede etkisinin olması beklenmektedir. İlave edilen sularda bulunan proteinlerin de 5-HMF miktarını artırmaması ortam pH'sının oldukça düşük olmasından kaynaklanan bir durum olması muhtemeldir [84]. İlave edilen farklı sular içerisinde 5-HMF miktarını en çok düşüren suyun yoğurt suyu olduğu görülmektedir. Yoğurt suyu yaklaşık olarak 5-HMF miktarını %90 oranında azaltmıştır. Buna sebep, yoğurt suyunda bulunan yağ, protein gibi maddelerin asitin şeker üzerine olan etkisini azaltması ve yoğurt suyunda bulunan laktik asit ve anyonların glukozun 5-HMF'ye dönüşmeini veyahutta sukrozun glukoza parçalanmasını azaltmasından kaynaklanmış olabilir. Peynir suyu ilave edilen model karamel örneğinde yoğurt suyuna göre daha fazla 5-HMF bulunması ise peynir suyunda bulunan laktozdan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca ilave edilen farklı sularda bulunan mineral asitler de 5-HMF'nin levulinik aside parçalanmasını hızlandırarak 5-HMF miktarını azaltmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir [145].

Elde edilen bulgulara göre, 5-HMF'nin azaltılması farklı sebze ve meyve suları ile mümkündür. Fakat sebze sularının ilavesi karamelin aroması üzerinde çok önemli değişiklikler meydana getirmesinden dolayı sebze sularının kullanımı, karamel üretiminde tercih edilmeyebilir. Fakat az miktarda üzüm suyu gibi veya peynir yada yoğurt suyunun kullanılması tercih edilebilir. Bunların miktarları da karamel aromasını en az etkileyecek şekilde ayarlanabilir ve sonuçta üründe 5-HMF düzeyi azaltılabilir.

4.2.4. Farklı Sıcaklık ve Süre Uygulamasının Model Karamel Üzerindeki Etkilerinin Cevap Yüzey Metodu İle Belirlenmesi

5-HMF'nin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmanın son kısmında ise cevap yüzey metodu kullanılarak farklı sıcaklıkların (100°C, 115°C ve 130°C) ve farklı sürelerin (30, 60 ve 90 dakika) model karamelin özellikleri (5-HMF, pH, *L**, *a**, *b**, °Briks, absorbans, a_w) üzerine etkisi araştırılmıştır. Üç farklı sıcaklık ve süre kullanılarak farklı on tane farklı model karamel örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan karamel örneklerinin pH değerleri incelendiğinde, örneklerin pH değerinin 2.21 ile 2.29 arasında değiştiği görülmektedir. pH değerine sıcaklık ve sürenin etkileri incelendiğinde ise belli bir trend gözlemlenememiştir. pH değerinin cevap yüzey metodu ile modellenmesi sonucunda determinasyon katsayısı (R^2) 0.55 olarak bulunmuştur. R^2 değerinin 0.75 değerinden büyük olduğu modellerin tahmin için kullanılabileceği bilgisi göz önüne alındığında [171], bu çalışmada pH değeri için oluşturulan modelin yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür.

Farklı süre ve sıcaklık değerleri uygulanarak hazırlanan karamel örneklerinin *L**, *a** ve *b** renk değerleri de, cevap yüzey metodu kullanılarak bağımsız değişkenlerin (sıcaklık ve süre) bağımlı değişkenler (*L**, *a** ve *b** renk değerleri) üzerindeki etkisi araştırılmıştır. *L** değeri için kurulan modelin R^2 değeri de (0.37) oldukça düşük bulunmuştur. Dolayısıyla *L** renk değerinin de, pH değerinde olduğu gibi sıcaklık ve süreye bağlı olarak tahmini yapılamamıştır. Diğer bir renk parametresi olan *a** renk değerinin ise modellenmesi sonucunda, determinasyon katsayısı 0.852 olan bir model elde edilmiştir. Sıcaklık ve sürenin her ikisinin de *a** renk değeri üzerinde etkilerinin önemli olduğu ve bu iki bağımsız faktör ile *a** renk değeri arasında doğru orantı olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve sürenin interaksiyonunun da *a** değerini artırdığı

görülmektedir. Genel olarak üründeki sarı rengin göstergesi olan *b** değerinin, sıcaklık ve süreden önemli derecede etkilendiği görülmektedir ($P<0.01$). Her iki bağımsız değişken ile *b** renk değeri arasında doğru orantı bulunduğu saptanmıştır. Sıcaklık ve sürenin interaksiyonunun da *b** renk değerini önemli derecede artırdığı görülmektedir. *a** ve *b** renk değerleri için oluşturulan modelin R^2 değerleri sırasıyla 0.852 ve 0.950 olarak bulunmuştur. Bu iki yüksek R^2 değerleri ve bu iki renk parametresinin, model karamel üretilirken uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak başarılı bir şekilde tahmin edilebileceğinin göstergesidir.

Karamel örneklerinin °Briks değerleri için cevap yüzey metodu kullanılarak oluşturulan modelin ise determinasyon katsayısı 0.860 olarak bulunmuştur. °Briks üzerinde sıcaklığın etkisi önemsiz bulunurken ($P>0.05$), sürenin, karamel örneklerinin °Briks değeri üzerinde önemli bir etkisi vardır ($P<0.05$). Bağımsız değişkenlerin interaksiyonunun ve kuadratik etkilerinin de 0.05 anlamlılık düzeyinde önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Cevap yüzey metodu kullanılarak karamel örneklerinin modellenen bir diğer parametresi de a_w değeridir. Bu parametre için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.938 bulunmuştur. a_w değerinin tahmini için elde edilen modelde sürenin lineer ve kuadratik etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Sıcaklığın lineer ve kuadratik etkisi ile interaksiyon terimi ise önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Oluşturulan model neticesindeki bulgular ışığında, karamel üretiminde uygulanan süreye bağlı olarak a_w değerinin tahmin edilebileceği görülmektedir.

Karamelizasyon neticesinde oluşan esmerleşmenin indikatörü olan 420 nm'deki absorbans değerinin tahmin edilebilmesi için sıcaklığa ve süreye bağlı olarak kurulan modelin R^2 değeri 0.916 bulunmuştur. Karamel örneklerinin absorbans değeri üzerinde sıcaklık ve sürenin lineer etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Absorbans değerinin sıcaklık ve sürenin artışı ile arttığı görülmektedir. İki bağımsız değişkenin interaksiyon ve kuadratik terimlerinin, oluşturulan karamel örneklerinin absorbans değeri üzerinde herhangi bir etkisi bulunamamıştır ($P>0.05$).

Cevap yüzey metodunun deneme dizaynı kullanılarak farklı sıcaklık ve süre uygulanarak hazırlanan karamel örneklerinin 5-HMF miktarının sıcaklık ve süreden

önemli derecede etkilendiği görülmektedir ($P<0.05$). Literatürde bu sonucu destekleyen birçok çalışma bulunmaktadır [5, 29, 64, 102, 103, 114]. 5-HMF'nin sıcaklık ve süreye bağlı olarak tahmin edilebilmesi için oluşturulan modelin R^2 değerinin 0.953 olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve sürenin lineer etkileri ile bu iki bağımsız değişkenin interaksiyon teriminin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Karamel ortamında uygulanan sıcaklık ve sürenin artmasıyla şekerin 5-HMF'ye dönüşümü hızlanmakta ve artmaktadır.

Bu kısımda son olarak farklı sıcaklıklarda 5-HMF'nin oluşum kinetiği belirlenmiştir. Literatürde 5-HMF'nin oluşum kinetiğinin sıfırıncı derece ile ikinci derece arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir [172, 173]. Karamel ortamında üç farklı reaksiyon derecesi karşılaştırılmış (R^2 değerleri karşılaştırılmıştır) ve bu ortamde 5-HMF oluşumunu en iyi birinci reaksiyon derecesinin açıkladığı görülmüştür. 5-HMF'nin 100 °C, 115 °C ve 130 °C'deki reaksiyon oluşum hızı sırasıyla 0.0347 ppb/dakika, 0.0748 ppb/dakika ve 0.0884 ppb/dakika olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi 5-HMF oluşum hızı sıcaklık artışı ile artmaktadır. Buna benzer sonuç pekmezde bulunmuştur [107].

Bu tez çalışmasında elde edilen önemli bulgularımız ve önerilerimiz şu şekilde sıralanabilir:

1. Karamel içeren gıda örneklerinde 5-HMF miktarının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Ürüne ilave edilen karamelin miktarı üzerinde sınırlandırma getirilmelidir veya bu tip ürünlerde 5-HMF standardı konulmalıdır.

2. Tad ve aroma için karamele alternatif ürünler üzerinde çalışmaların genişletilmesi gereklidir.

3. Süt tozu ve peynir suyu tozu gibi gıda sanayinde birçok ürünün formülasyonuna katılan ve 5-HMF içeren hammaddelerin üretiminde 5-HMF miktarı da dikkate alınmalıdır. 5-HMF miktarı baz alınarak üretim esnasında uygulanan sıcaklık ve süre optimize edilmelidir. Bu tarz ürünlere de 5-HMF standardı getirilmelidir.

4. 5-HMF'nin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalara önem verilmeli ve bu çalışmalar genişletilmelidir.

5. Her kesimden tüketiciye hitap eden bisküvi, çikolata gibi gıda ürünlerinin 5-HMF miktarı ve tüketim miktarı göz önüne alınarak, ürünlere 5-HMF limiti getirilmelidir.

6. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda yoğurt suyu ve peynir suyu gibi 5-HMF'yi azaltıcı etkisi bulunan maddelerin karamelin aromasını çok fazla bozmayacak şekilde karamel üretiminde kullanılması, karamelde oluşabilecek 5-HMF miktarını azaltacağı açıktır. Yoğurt suyu ve peynir suyunun 5-HMF'yi azaltıcı yöndeki çalışmalar sürdürülmeli ve çalışma kapsamları genişletilmelidir.

7. Ürünleri fonksiyonel hale getirmek için ilave edilen inülinin şeker içermeyen çeşitlerinin kullanılması 5-HMF miktarının azaltılması veya en azından artmaması için önemlidir. Bu bakımdan 5-HMF düzeyinin önemli olarak görüldüğü ürünlerde inülin kullanımına önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

1.Ames, J.M., 1992. The Maillard Reaction. In Hudson, BJF (Ed): Biochemistry of Food Proteins, London, Elsevier, 684 pp.

2.Black, D.K., 1966. Isolation of 5-hydroxymethylfurfural from cigarette smoke condensate. **Chemistry and Industry, 32** (6): 1380-1387.

3.Glatt, H., Scheneider, H., Yungang, L., 2005. V79-h-CYP2E1SULT1A1, a cell line for thesensitive detection of genotoxic effects induced by carbohydrate pyrolisis products and other foodborne chemicals. **Mutation Research, 580** (1): 41-52.

4.Kroh, L.W., 1994. Caramelisation in food and beverages. **Food Chemistry, 51** (4): 373-379.

5.Gentry, T.S., Roberts, J.S., 2004. Formation kinetics and application of 5-hydroxymethylfurfural as a time-temperature indicator of lethality for continuous pasteurization of apple cider. **Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5** (3): 327-333.

6.Capuano, E., Fogliano, V., 2011. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF): A review on metabolism, toxicity, occurence in food and mitigation strategies. **LWT-Food Science and Technology, 44** (4): 793-810.

7.Archer, M. C., Buce, W. R., Chan, C. C., Corpet, D. E., Medline, A., Roncucci, L., Stamp, D., Zhang, X. M., 1992. Aberrant crypt foci and microadenoma as markers for colon cancer. **Environmental HeAlth Perspect**, **98** (1): 195-197.

8.Bruce, W. R., Archer, M. C., Corpet, D. E., Medline, A., Minkin, S., Stamp, D., Yin, Y., Zhang, X. M., 1993. Diet, aberrant crypt foci and colorectal cancer. **Mutation Research, 290** (1): 111-118.

9.Lee, Y. C., Shlyankevich, M., Jeong, H. K., Douglas, J. S., Surh, Y. J., 1995. Bioactivation of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde to an electrophilic and

mutagenic allylic sulfuric acid ester. **Biochemical and Biophysical Research Communications, 209** (3): 996-1002.

10.Surh, Y. J., Tannenbaum, S. R., 1994. Activation of the Maillard reaction product 5-(hydroxymethyl)furfural to strong mutagens via allylic sulfonation and chlorination. **Chemical Research in Toxicology, 7** (3): 313-318.

11.Surh, Y. J., Liem, A., Miller, J. A., Tannenbaum, S. R., 1994. 5-Sulfoxymethylfurfural as a possible ultimate mutagenic and carcinogenic metabolite of the Maillard reaction product, 5-hydroxymethylfurfural. **Carcinogenesis, 15** (10): 2375-2377.

12.Oral, R. A., 2006. Bazı Gıdalarda 5-HMF İçeriğinin Saptanması, Depolanması Esnasındaki Değişimi Ve Biyolojik Yöntemle Azaltılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 44 s.

13.Knize, M.G., Salmon, C.P., Pais, P., Felton, J.S., 1999. Food heating and the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbon mutagens/carcinogens. In L. S. Jackson, M. G. Knize, & J. N. Morgan (Eds.), Impact of processing on food safety. New York: Springer, 193 pp.

14.Skog, K. I., Johansson, M. A. E., Jägerstad, M. I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: a review on formation, occurance and intake. **Food and Chemical Toxicology, 36** (10): 879-896.

15.Tricker, A. R., Preussmann, R., 1991. Carcinogenic N-nitrosamines in the diet:occurrence, formation, mechanism and carcinogenic potential. **Mutation Research, 259** (3-4): 277-289.

16.Jaeger, H., Janositz, A., Knorr, D., 2010. The maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging Technologies. **Pathologie Biologie, 58** (3): 207-213.

17.Silván, J. M., Assar, H. S., Srey, C., De Castillo, M. D., Ames, J. M., 2011. Control of the Maillard reaction by ferulic acid. **Food Chemistry, 128** (1): 208-213.

18.Brownlee, M., Vlassara, H., Cerami, A., 1984. Nonenzymatic glycosylation and the pathogenesis of diabetic complications. **Annals of Internal Medicine, 101**(4): 527-537.

19.Ledl, F., Schleicher, E., 1990. New aspects of the maillard recation in foods and in the human body. **Angewandte Chemie International Edition in English, 29** (6): 565-594.

20.Hodge, E.J., 1955. The Amadori rearrangement. **Advances in carbonhydrate chemistry, 10** (1): 169-205.

21.Silván, J.M., Van de Lagemaat, J., Olano, A., Del Castillo, M.D., 2006. Analysis and biological properties of amino acid derivatives formed by Maillard reaction in foods. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41** (5): 1543-1551.

22.Acar, J., Gökmen, V., 2005. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Hacettepe Üniversitesi yayınları, Ankara, 674 pp.

23.Anet, E. F. J. L., 1959. Chemistry of nonenzymic browning. IX. Studies of sugar mono-esters of malic acid found in browned freeze-dried apricots. **Australian Journal of Chemistry**, **12** (3): 483-490.

24.Cämmerer, B., Kroh, L. W., 1995. Investigation of the influence of reaction conditions on the elementary composition of melanoidins. **Food Chemistry, 53** (1): 55-59.

25.Hofmann, T., Bors, W., Stettmaier, J., 1999. Radical-asisted melanoidin formation during thermal processing of foods as well as under physiological conditions. **Journal of Agricultural Food Chemistry, 47** (2): 391-396.

26.Rufian-Henares, J.A., Delgado-Andrade, C., Morales, F.J., 2009. Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. **Food Chemistry, 114** (1):93-99.

27.Ajandouz, E.H., Tchiakpe, L.S., Ore, F.D., Benajiba, A., Puigserver, A., 2006. Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. **Journal of Food Science, 66** (7): 926-931.

28.Jing, H., Kitts, D.D., 2002. Chemical and biochemical properties of casein-sugar maillard reaction products. **Food and Chemical Toxicology, 40** (7): 1007-1015.

29.Gökmen, V., Açar, Ö. C., Köksel, H., Açar, J., 2007. Effects of dough Formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. **Food Chemistry 104** (3): 1136-1142.

30.O'Brien, J.M., Morrisey, P.A. (1989). The Maillard reaction in milk products. **Bulletin of the International Dairy Federation, 238** (1): 53-61.

31.Saldamlı, İ., 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 587 pp.

32.Robert, L., Labat-Robert, J., Robert, A. M., 2010. The maillard reaction. From nutritional problems to preventive medicine. **Pathologie Biologie, 58** (3): 200-206.

33.Baynes, J. W., Monnier, V. M., 1989. The Maillard Reaction in Aging, Diabetes, and Nutrition. Alan R Liss Inc, New York, 729 pp.

34.Labuza, T. P., Baisier, W. M., 1992. The kinetics of nonenzymatic browning. New York: Springer, 752 pp.

35.Ashoor, S. H., Zent, J. B., 1984. Maillard browning of common amino acids and sugars. **Journal of Food Science, 49** (4): 1206-1207.

36.Chevalier, F., Chobert, J. M., Popineau, Y., Nicolas, M. G., Haertlé, T., 2001. Improvement of functional properties of b-lactoglobulin glycated through the Maillard reaction is related to the nature of the sugar. **International Dairy Journal, 11** (3): 145-152.

37.Sun, Y., Hayakawa, S., Puangmanee, S., Izumori, K., 2006. Chemical properties andantioxidative activity of glycated a-lactalbumin with a rare sugar, D-allose, by Maillard reaction. **Food Chemistry, 95** (3): 509-517.

38.Van de Lagemaat, J., Silván, J. M., Moreno, F. J., Olano, A., Del Castillo, M. A., 2007. In vitro glycation and antigenicity of soy proteins. **Food Research International, 40** (1): 153-160.

39.Junfeng, F., Yanyan, Z., Szesze, T., Fengjuan, L., Saito, M., Tatsumi, E., Lite, L., 2006. Improving functional properties of soy protein hydrolysate by conjugation with curdlan. **Journal of Food Science, 71** (5): 285-291.

40.Mesa, M. A., Silván, J. M., Olza, J., Gil, A., Del Castillo, M. A., 2008. Antioxidant properties of soy protein–fructooligosaccharide glycation systems and its hydrolyzates. **Food Research International, 41** (6): 606-615.

41.Danehy, J.P., 1986. Advances in food research. Maillard reaction: nonenzymatic browning in food systems with special reference to the development of flavor. In Academic Press Inc., Salt Lake City, 820 pp.

42.Antal, M. J., Mok, W. S. L., Richards, G. N., 1990. Mechanism of formation of 5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde from D-fructose and sucrose. **Carbohydrate Research, 199** (1): 91-109.

43.Gottschalk, A., 1952. Some biochemically relevant properties of N-substitued fructosamines derived from N-glycosylamino acids and N-arylglucosylamines. **Biochemistry Journal, 52** (3): 455-460.

44.Antonelli, A., Chinnici, F., Masino, F., 2004. Heat-induced chemical modification ofgrape must as related to its concentration during the production of traditional balsamic vinegar: A preliminary approach. **Food Chemistry, 88** (1): 63-68.

45.Granados, J. Q., Mir, M.V., Serrana, H.L.G., Martinez, M.C.L., 1996. The influence of added caramel on furanic aldehyde content ofmatured brandies. **Food Chemistry, 56** (4): 415-419.

46.Lee, H.S., Nagy, S., 1990. Relative reactivities of sugars in the formation of 5-hydroxymethylfurfural in sugar-catalyst model systems. **Journal of Food Processing and Preservation, 14** (3): 171-178.

47.Akkan, A.A., Özdemir, Y., Ekiz, H.L., 2001. Derivative spectrophotometric determination of 5(hydroxymethyl-2-furaldehyde 5-HMF and furfural in Locust an extract. **Nahrung/Food, 45** (1): 43-46.

48.Espinosa Mansilla, A., Salinas, F., Berzas Nevado, J.J., 1992. Differential determination of furfural and hydroxymethylfurfural by derivative spectroscopy. **Journal of AOAC International**, **75** (4): 678-684.

49.Ferrer, E., Alegría, A., Farré, R., Abellán, P., Romero, F., 2002. High-performance liquid chromatographic determination of furfural compounds in infant formulas, changes during heat treatment and storage. **Journal of Chromatography A**: 947 (1): 85-95.

50.Xu, H., Templeton, A.C., Reed, R.A., 2003. Quantification of 5-5-HMF andd dextrose in commercial aqueous dextrose solutions. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, **2** (3): 451-459.

51.Perez-Locas, C., Yaylayan, V.A., 2008. Isotope labeling studies on the formation of 5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde (5-HMF) from sucrose by pyrolysis-GC/MS. **Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56** (15): 6717-6723.

52.Teixidó, E., Núñez, O., Santos, J.F., Galceran, M.T., 2011. 5-Hydroxymethylfurfural content in foodstuffs determined by micellar electrokinetic chromatography. **Food Chemistry, 126** (4): 1902-1908.

53.Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., Lerici, C. R., 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. **Trends in Food Science and Technology, 11** (9-10): 340-346.

54.Burdurlu, H.S., Koca, N., Karadeniz, F., 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. **Journal of Food Engineering, 74** (2): 211-216.

55.Pereira, V., Albuquerque, F.M., Ferreira, A.C., Cacho, J., Marques, J.C., 2011. Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) and furfurall (F) in fortifified wines submitted to overheating conditions. **Food Research International, 44** (1): 71-76.

56.Schoental, R., Hard, G. C., Gibbard, S., 1971. Histopathology of renal lipomatous tumors in rats treated with the "natural" products, pyrrolizidiene alkoloids and a, b-saturated aldehydes. **Journal of the National Cancer Institute, 47** (7): 1037-1044.

57.Svendsen, C., Husoy, T., Glatt, H., Paulsen, J. E., Alexander, J., 2009. 5-Hydroxymethylfurfural and 5-sulfooxymethylfurfural increase adenoma and flat ACF number in the intestine of Min/+ mice. **Anticancer Research, 29** (6): 1921-1926.

58.Jöbstl, D., Husøy, T., Alexander, J., Bjellaas, T., Leitner, E., Murkovic, M., 2010. Analysis of 5-hydroxymethyl-2-furoic acid (5-HMFA) the main metabolite of alimentary 5-hydroxymethyl-2-furfural (5-HMF) with HPLC and GC in urine. **Food Chemistry, 123** (3): 814-818.

59.Glatt, H. R., Sommer, Y., 2006. Health Risks by 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) and related compounds. In K. Skog, J. Alexander (Eds.), Acrylamide and other health hazardous compounds in heat-treated foods. Woodhead Publishing, Cambridge, 814 pp.

60.Bakhiya, N., Monien, B., Frank, H., Seidel, A., Glatt, G., 2009. Renal organic anion transporters OAT1 and OAT3 mediate the cellular accumulation of 5-sulfooxymethylfurfural, a reactive, nephrotoxic metabolite of the Maillard product 5-hydroxymethlfurfural. **Biochemical Pharmacology, 78** (4): 414-419.

61.Rada-Mendoza, M., Luz Sanz, M., Olano, A., Villamiel, M., 2004. Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit-based infant foods. **Food Chemistry, 85 (4)**: 605-609.

62.Rada-Mendoza, M., Olano, A., Villamiel, M., 2002. Determination of hydroxymethylfurfural in commercial jams and in fruit-based infant foods. **Food Chemistry, 79** (4): 513-516.

63.Dauberte, B., Estienne, J., Guerre, M., Guerra, N., 1990. Contribution a l'etude de la formation d'hydromethylfurfural dans les boissons a base da jus de fruits et dans les cafes Torrefacto. **Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique**, **889** (2): 231-253.

64.Fallico, B., Zappalà, M., Arena, E., Verzera, A., 2004. Effects of conditioning on 5-HMF content in unifloral honeys. **Food Chemistry, 85** (2): 305-313.

65.Morales, F. J., & Jiménez-Pérez, S., 2001. Hydroxymethylfurfural determination in infant milk-based formulas by micellar electrokinetic capillary chromatography. **Food Chemistry, 72** (4): 525-531.

66.Van Boekel, M.A.J.S., 1998. Effect of heating on Maillard reactions in milk. **Food Chemistry, 62** (4): 403-414.

67.Resmini, P., Pellegrino, L., Pagani, M. A., De Noni, I., 1993. Formation of 2-acetyl-3-D-glucopyranosylfuran (glucosylisomaltol) from nonenzymatic browning in pasta drying. **Italian Journal of Food Science, 5** (4): 341-353.

68.Ramírez-Jiménez, A., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E., 2000a. Hydroxymethylfurfural and methylfural content of selected bakery products. **Food Research International**, **33** (6): 833-838.

69.Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., 2000b. Browning indicators in bread. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48** (9): 4176-4181.

70.Ramírez-Jiménez, A. J., 1998. Indicadores de las reacciones de pardeamiento químicoen productos panarios. Memory of pharmacy degree of licenciate. Spain: The University of Granada.

71.Fernandez–Artigas, P., Guerra–Hernández, E., Garcia–Villanova, B., 1999. Browning in model systems and baby cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47** (7): 2872-2878.

72.Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., 2003. Evolution of non enzymatic browning during storage of infant rice cereal. **Food Chemistry, 3** (2): 219-225.

73.Garcia–Villanova, B., Guerra–Hernández, E., Martinez Gomez, E., Montilla, J., 1993. Liquid chromatography fort he determination of 5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde in breakfast cereals. **Journal of Agriculture and Food Chemistry, 41** (8): 1254-1255.

74.Quarta, B., Monica, A., 2012. Furfurals removal from roasted coffee powder by vacuum treatment. **Food Chemistry, 130** (3): 610-614.

75.Fallico, B., Arena, E., Zappala, M., 2003. Roasting of hazelnuts. Role of oil in colour development and hydroxymethylfurfural formation. **Food Chemistry, 81** (4): 569-573.

76.Alinorm 01/25 (2001). Codex Alimentarius. (Web sayfası: **www.codexalimentarius.net /A 101_25s.p.)**, (Erişim Tarihi: Ekim 2011)

77.Directive 2001/110/EC of 20 December, 2001. **Official Journal of the EuropeanCommunities,** 47-52.

78.Chen, Z., Yan, X., 2009. Simultaneous determination of melamine and 5 Hydroxymethylfurfural in Milk by Capillary Electrophoresis with Diode Array Detection. **Journal of Agricultural Food Chemistry, 57** (19): 8742-8747.

79.Morales, F.J., Romero, C., Jiménez-Pérez, S., 2000. Characterization of industrial processed milk by analysis of heat-induced changes**. International Journal of Food Science and Technology, 35** (2): 193-200.

80.Töter, D., 1979. Influence of technological variations on the quality of UHT milk. Justus-Liebig-Universität, Thesis, Giessen.

81.Mottar, J., Waes, G., Moermans, R., Naudts, M., 1979. Sensoric changes in UHT milk during uncooled storage. **Milchwissenschaft, 34** (3): 257-262.

82.Husoy, T., Haugen, M., Murkovic, M., Jöbstl, D., Stolen, L.H., Bjellaas, T., Ronningborg, C., Glatt, H., Alexander, J., 2008. Dietary exposure to 5-hydroxymethylfurfural from Norwegian food and correlations with urine metabolites of short-term exposure. **Food and Chemical Toxicology, 46** (12): 3697-3702.

83.Ramírez-Jiménez, A., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E., 2001. Effect of toasting time on the browning of sliced bread. **Journal of Science and Food Agriculture**, **81** (5): 513-518.

84.Rufian-Henares, J.A., Delgado-Andrade, C., Morales, F.J., 2006. Application of a reverse phase high-performance liquid chromatography method for simultaneous

determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. **Journal of AOAC International, 89** (1): 1-5.

85.Sensidoni, A., Peressini, D., Pollini, C.M., 1999. Study of the Maillard reaction in model systems under conditions related to the industrial process of pasta thermal VHT treatment. **Journal of Science and Food Agriculture, 79** (2): 317-322.

86.Ameur, L.A., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., Birlouez-Aragon, I., 2007. Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. **Food Chemistry, 101** (4): 1407-1416.

87.Kuş, S., 2003. Determination of hydroxymethyl furfural in foods by high performance liquid chromatography. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep, 87 s.

88.Kanjahn D., Jarms, U., Maier, H.G., 1996. Hydroxymethylfurfural and furfural in coffee and related beverages. **Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 92** (3): 328-331.

89.Smith, R.M., 1981. Determination of 5-hydroxymethylfurfural and caffeine in coffee and chicory extracts by high performance liquid chromatography. **Food Chemistry, 6** (1): 41-45.

90.Murkovic, M., Pichler, N., 2006. Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in coffee, dried fruits and urine. **Molecular Nutrition and Food Research, 50** (9): 842-846.

91.Yuan, J.P., Chen, F., 1998. Separation and identification of furanic compounds in fruit juices and drinks by high-performance liquid chromatography photodiode array detection. **Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46** (4): 1289-1291.

92.Lo-Coco, F.L., Valentini, C., Novelli, V., Ceccon, L., 1995. Liquid chromatographic determination of 2-furaldehyde in beer. **Analytica Chimica Acta, 306** (1): 57-64.

93.Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., Verzera, A., 2005. Methods for the determination of 5-HMF in honey: a comparison. **Food Control, 16** (3): 273-277.

94.Kim, H.J., Richardson, M., 1992. Determination of 5-hydroxymethylfurfural by ion-exclusion chromatography with UV detection. **Journal of Chromatography A, 593** (1): 153-156.

95.Bachmann, S., Meier, M., Kaènzig, A., 1997. 5-Hydroxymethyl-2-furfural (5-HMF) in Lebensmitteln. **Lebensmittelchemie, 51** (1): 49-50.

96.Ibarz, A., Pagán, J., Garza, S., 2000. Kinetic models of nonenzymatic browning in apple puree. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 80** (8): 1162-1168.

97.Theobald, A., Müller, A., Anklan, E., 1998. Determination of 5-hydroxymethylfurfural in vinegar samples by HPLC. **Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46** (5): 1850-1854.

98.Doğan, M., Sarıoğlu, K., Sağdıç, O., Oral, R.A., 2008. Gıdalarda toksik bir bileşik olan hidroksimetilfurfuralın biyolojik ve kimyasal yöntemle azaltılma olanakları. Tübitak Projesi, Proje No: 106O289.

99.Claeys, W.L., Van Loey, A.M., Hendrickx, M.E., 2003. Kinetics of hydroxymethylfurfural, lactulose and furosine formation in milk with different fat content. **Journal of Dairy Research, 70** (1): 85-90.

100.Singh, R.R.B., Patil, G.R., 1989. Formation kinetics of total hydroxymethylfurfural during UHT processing of buffalo milk. **Lait, 69** (2): 131-136.

101.Ekici, L., Karacan, S., Velioglu, Y.S., 2009. Optimization of 5-HMF formation in white and red grape juice concentrates stored in various laminated films using response surface methodology**. Journal of Food Processing and Preservation, 33** (3): 313-328.

102.Simsek, A., Poyrazoğlu, E.S., Karacan, S., Velioglu, Y.S., 2007. Response surface methodological study on 5-HMF and fluorescent accumulation in red and white grape juices and concenrates. **Food Chemistry, 101** (3): 987-994.

103.Ameur, L.A., Trystram, G., Birlouez-Aragon, I., 2006. Accumulation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the baking process: Validation of an extracion method. **Food Chemistry, 98** (4): 790-796.

104.Marquez, F.M., Gomez, M., Hernandez, E.G., Villanova, B.G., 1992. New spectrophotometric methods for measuring hydroxymethylfurfural in powdered milk. **Journal of Dairy Research, 59** (2): 225-228.

105.Block, J.D., Merchiers, M., Mortier, L., Braekman, A., Oooghe, W., Renterghem, R.V., 2003. Monitoring nutritional quality of milk powders: capillary electrophoresis of the whey protein fraction compared with other methods. **International Dairy Journal, 13** (1): 87-94.

106.Albert, C., Mándoki, Z., Csapó-Kiss, Z., Csapó., J., 2009. The effect of microwave pasteurization on the composition of milk. **Alimentaria, 2** (2): 153-165.

107.Bozkurt, H., Göğüş, F., Eren, S., 1998. Pekmezde maillard esmerleşme reaksiyonlarının kinetik modellenmesi. **Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 22** (6): 455-460.

108.Guerra-Hernandez, E., Gomez, C.L., Garcia-Villanova, B., Sanchez, N.C., Gomez, J.M.R., 2002. Effect of storage on non-enzymatic browning of liquid infant milk formulae. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 82** (5): 587-592.

109.Morales, F.J., Jiménez-Pérez, S., 1999. 5-HMF formation during heat-treatment of milk-type products as related to milkfat content. **Journal of Food Science, 64** (5):855-859.

110. Dattatreya, A., Rankin, S.A., 2006. Moderately acidic pH potentiates browning of sweet whey powder. **International Dairy Journal, 16** (7): 822-828.

111.Danowska-Oziewicz, M., 2009. The influence of cooking method on the quality of pork patties. **Journal of Food Processing and Preservation, 33** (4): 473-485.

112.Danowska-Oziewicz, M., Karpinska-Tymoszczyk, M., Borowski, J., 2007. The effect of cooking in a steam-convection oven on the quality of selected dishes. Blackwell **Journal of Foodservice, 18** (2): 187-197.

113.Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., Haro, A., Castellano, R., Navarro, M.P., 2010. Development of the Maillard reaction in foods cooked by different techniques. Intake of Maillard-derived compounds. **Food Chemistry, 122** (1): 145-153.

114.Gökmen, V., Açar, Ö.Ç., Serpen, A., Morales, F.J., 2008. Effect of leavening agents and sugars on the formation of hydroxymethylfurfural in cookies during baking. **European Food Research and Technology, 226** (5): 1031-1037.

115.Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., 2007. Effects of some cations on the formation of acrylamide and furfurals in glucose–asparagine model system. **European Food Research and Technology, 225** (5-6): 815-820.

116.Chen, S.L., Yang, D.J., Chen, H.Y., Liu, S.C., 2009. Effect of hot acidic fructose solution on caramelisation intermediates including colour,

hydroxymethylfurfural and antioxidative activity changes. **Food Chemistry, 114** (2): 582-588.

117.Dokuzlu, C., 2004. Gıda Analizleri, Marmara Kitabevi Yayınları, Bursa.

118.Montilla, A., Ruiz-Matute, A.I., Sanz, M.L., Martínez-Castro, I., del Castillo, M.D., 2006. Difructose anhydrides as quality markers of honey and coffee. **Food Research International, 39** (7): 801-806.

119.Rao, M.A., 1999. Rheology of fluid and semisolid foods. Aspen Publication, Gaithesburg, Mryland.

120.Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gürel, F., Tavukcuoglu, H.R., 2008. Quality of honeys influenced by heat treatment. **LWT - Food Science and *Technology*, 41** (8): 1396-1399.

121.Ural, A., Kilic, I., 2006. Data analysis with SPSS. Detay Publishing, Ankara.

122.Morales, F.J., Romero, C., Jimėnez-Perez, S., 1997. Chromatographic determination of bound hydroxymethylfurfural as an index of milk protein glycolysation. **Journal of Agricultural Food Chemistry, 45** (5): 1570-1573.

123.Turner, L.G., Swaisgood, H.E., Hansen, A.P., 1978. Interaction of lactose and proteins of skim milk during ultra-high temperature processing. **Journal of Dairy Science, 61** (4): 384-392.

124.Walstra, P., Jenness, R., 1988. Dairy Chemistry and Physics. Wiley Interscience, New York.

125.Montilla, A., Olano, A., 1997. Effect of the protein and dilution on the lactulose/furosine ratio in heat-treated milk. **Milkwissenschaft, 52** (4): 506-507.

126.Rattrey, W., Gallmann, P., Jelen, P., 1997. Influence of protein standardization and UHT heating on the furosine value and freezing point of milk. **Lait, 77** (2): 197-205.

127.Andrews, G., Prasad, K., 1987. Effect of the protein, citrate and phosphate content of milk on formation of lactulose during heat treatment. **Journal of Dairy Research, 70** (1): 207-218.

128.Nangpal, A., Reuter, H., Dhen-Müller, B., Erbersdobbler, H., 1990. Formation of furosine during UHT treatment of milk-comparison between direct and indirect heating. **Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte, 42** (1): 43-51.

129.Dehn-Müller, B., Müller, B., Erbersdobler, H., 1991. Studies on protein damage in UHT milk. **Milchwissenschaft, 46** (3): 431-434.

130.Mottram, D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry, 62** (4): 415-424.

131.Öz, F., Kaya, M., Aksu, İ., 2002. Sucuk üretiminde farklı nitrit dozlarının ve Starter Kültür Kullanımının *Escherichia coli* O157:H7'nin gelişimi üzerine etkisi. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26** (4): 651-657.

132.Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 2002. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, 468 s.

133.Keleş, A., Atasever, M., Güner, A., Uçar, G., 2000. Sığır eti ilavesi ile tavuk salamı üretimi. **Veteriner Bilimleri Dergisi, 16** (1): 5-14.

134.Ertaş, A.H., Karabaş, G., 1998. Ayçiçek Yağı ile Frankfurter Tipi Sosis Üretimi Üzerinde Araştırma. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22** (2): 205-240.

135.Gökalp, H.Y., 1991. Yağsız soya unu ve soya proteininin sosis ve halk salamlarına katılabilme imkanları üzerine araştırmalar. Tübitak Proje No:VHAG-698, Tübitak, Ankara.

136.Liu, Y., Kitts, D.D., 2011. Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. **Food Research International, 44** (8): 2418-2424.

137.Yavaş, İ.; Fidan, I., 1986. Üzüm Değerlendirme Şekillerinin İnsan Sağlığı Yönünden Önemi. Gıda Sanayinin Sorunları ve Serbest Bölgelerin Gıda Sanayine Beklenen Etkileri Sempozyumu, 15-17 Ekim, Adana.

138.Kavas, A., 1990. 'Sağlıklı Beslenmede Kuru incir ve Çekirdeksiz Kuru Üzümün Önemi' Milli Aydın Bankası T:A:Ş: Tarişbank Genel Müdürlüğü, Yayın No:1990/2, (53-65), İzmir.

139.Kayahan, M., 1998. Pekmez Teknolojisi. Gıda Denetçisi Eğitim Materyali. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

140.Ekşi A., Artık N., 1984. Pestil İşleme Tekniği ve Kimyasal Bileşimi. **Gıda, 9** (5): 263-266.

141.Nas S., Nas M., 1987. Pekmez ve Pestilin Yapılışı, Bileşimi ve Önemi. **Gıda, 12** (6): 348-351.

142.Chun, J. A., Lee, J. W., Yi, Y. B., Hong, S. S., Chung, C. H., 2010. Direct conversion of starch to hydroxymethyl furfural in the presence of an ionic liquid with metal chloride. **Starch-Starke, 62** (6): 326-330.

143.Anonymous, 2004. Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

144.Göksel, M., Dogan, M., Toker, O.S., Ozgen, S., Sarioglu, K., Oral, R.A., 2011. The Effect of Starch Concentration and Temperature on Grape Molasses: Rheological and Textural Properties. **Food and Bioprocess Technology**, DOI 10.1007/s11947-011-0705-5 (In press).

145.Amarasekara, A.S., Williams, L.D., Ebede, C.C., 2008. Mechanism of the dehydration of D-fructose to 5-hydroxymthylfurfural in dimethyl sulfoxide at 150 °C: an NMR study. **Carbonhydrate Research, 343** (18): 3021-3024.

146.Yabancı, N., 2010. İnülin ve oligofruktozların insan sağlığı ve beslenmesi üzerine etkileri. **Akademik Gıda, 8** (1): 49-54.

147.Coussement, P.A.A., 1999. Inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition, 129** (6): 1412-1417.

148.Soysal, Y., 2004. Microwave drying characteristics of parsley. **Biosystems Engineering, 89** (2): 167-173.

149.Słupski, J., Lisiewska, Z., Kmiecik, W., 2005. Contents of macro and microelements in fresh and frozen dill (Anethum graveolens L.). **Food Chemistry, 91** (4): 737-743.

150.Liu, L., Howe, P., Zhou, Y., Xu, Z., Hocart, C., Zhanga, R., 2000. Fatty acids and β-carotene in Australian purslane (Portulaca oleracea) varieties. **Journal of Chromatography A, 89** (3): 207-213.

151.Simopoulos, A.P., Norman, H.A., Gillaspy, J.E., Duke, J.A., 1992. Common Purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. **Journal of the American College of Nutrition, 11** (4): 374-382.

152.Xu, X., Yu, L., Chen, G., 2006. Determination of flavonoids in Portulaca oleracea L. by capillary electrophoresis with electrochemical detection. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41** (2): 493-499.

153.Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., Corke, H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. **Life Science, 74** (17): 2157-2184.

154.Spina, M., Cuccioloni, M., Sparapani, L., Acciarri, S., Eleuteri, A.M., Fioretti, E., Angeletti, M., 2008. Comparative evaluation of flavonoid content in assessing

quality of wildand cultivated vegetables for human consumption. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 88** (2): 294-304.

155.Oliveira, I., Valentão, P., Lopes, R., Andrade, P.B., Bento, A., Pereira, J.A., 2009. Phytochemical characterization and radical scavenging activity of Portulaca oleraceae L. leaves and stems. **Microchemical Journal, 92** (2): 129-134.

156.Palaniswamy, U., Bible, B., Mc Avoy, R., 2004. Oxalic acid concentrations in Purslane(Portulaca oleraceae L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponics. **Scientia Horticulturae, 102** (2): 267-275.

157.Fontana, E., Hoeberechts, J., Nicola, S., Cros, V., Palmegiano, G.B., Peiretti, P.G., 2006. Nitrogen concentration and nitrate/ammonium ratio affect yield and change the oxalic acidconcentration and fatty acid profile of purslane (Portulaca oleracea L.) grown in asoilless culture system. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 86** (14): 2417-2424.

158.Maier, U.H., Gundlach,H., Zonk, M.H., 1998. Seven imidazole alkaloids from Lepidiumsativum. **Phytochemistry, 49** (6): 1791-1795.

159.Duke, J.A., 1992. Handbook of Phytochemical Constituents of GRAS Herbs and Other Economic Plants, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, 335 pp.

160.Orak, H.T., 2007. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. **Scientia Horticulturae, 111** (2): 235-241.

161.Prozil, S.O., Evtuguin, D.V., Lopes, L.P.C., 2012. Chemical composition of grape stalks of Vitis vinifera L. from red grape pomaces. **Industrial Crops and Products, 35** (1): 178-184.

162.Prakash, S., Jha, S. K., Datta, N., 2004. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering, 62** (3): 305-313.

163.Zhang, D., Hamauzu, Y., 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots. **Food Agriculture and Environment, 2** (1): 95-100.

164.Wennberg, M., Engqvist, G. and Nyman, E., 2004. Effects of boiling on dietary fibre components in fresh and stored white cabbage(Brassica oleracea var. capitata). **Journal of the Food Science, 68** (5): 1615-1621.

165.Kim, D.O., Padilla-Zakour, O.I. and Griffiths, P.D., 2004. Flavonoids and antioxidant capacity of various cabbage genotypes at juvenile stage. **Journal of Food Science, 69** (9): 685-689.

166.Singh, J., Upadhyay, A.K., Bahadur, A., Singh, B., Singh, K.P., Rai, M., 2006. Antioxidant phytochemicals in cabbage (Brassica oleracae L. var. capitata). **Scientia Horticulturae, 108** (3): 233-237.

167.Latorre, E.M., Narvaiz, P., Rojas, M.A., Gerschenson, L.N., 2010. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (Beta vulgaris L. var. conditiva) root. **Journal of Food Engineering, 98** (2): 178-191.

168.Kurt, A., (1990). Süt Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, 398 s.

169.Uraz, T. 1981. Peynir Suyu ve Değerlendirme Şekilleri. Süt ve Mamulleri Teknolojisi, Segem, Ankara, 215 s.

170.Demir, M.K., Elgün, A., Argun, M.Ş., 2009. Sütçülük yan ürünlerinden peynir altı, yayık altı ve süzme yoğurt suları katkılarının bazı ekmek özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma. Gıda, 34 (2): 99-106.

171.Henika, R.G., 1982. Use of response surface methodology in sensory evaluation. **Food Technology-Chic, 36** (1): 96-101.

172.Peleg, H., Naim, M., Zehavi, U., Rousef, R.L., Nagy, S., 1992. Pathway of 4-vinylguayacol formation from ferulic acid in model solution of orange juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 60** (4): 762-767.

173.Shallenberg, R.S., Mattik, L.R., 1983. Relative stability of glucose and fructose at acidic pH. **Food Chemistry, 12** (3): 159-165.

EKLER

Dondurma örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				**pH**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Kakao 1	0.00	0.00	0.00		6.60	6.58	6.57
Kakao 2	0.00	0.00	0.00		7.14	7.10	7.13
Kakao 3	0.66	0.62	0.67		6.37	6.42	6.41
Kakao 4	1.65	1.54	1.67		7.08	7.04	7.05
Kakao 5	1.21	1.08	1.13		6.88	6.87	6.89
Kakao 6	1.96	1.99	2.02		6.84	6.85	6.84
Sade 1	0.00	0.00	0.00		6.31	6.28	6.29
Sade 2	0.00	0.00	0.00		6.98	6.98	6.96
Sade 3	0.00	0.00	0.00		6.24	6.27	6.25
Sade 4	1.99	1.93	1.93		5.77	5.78	5.80
Sade 5	2.22	2.14	2.15		6.74	6.66	6.69
Sade 6	5.50	5.23	5.02		5.82	5.84	5.83
Çilek 1	1.56	1.51	1.51		3.74	3.67	3.69
Çilek 2	0.00	0.00	0.00		6.31	6.36	6.33
Çilek 3	0.00	0.00	0.00		3.45	3.49	3.42
Çilek 4	3.11	3.14	2.99		5.04	4.98	4.99
Çilek 5	1.10	1.06	1.08		4.98	5.00	4.97
Limon 1	7.78	8.00	7.91		3.21	3.24	3.25
Limon 2	4.70	4.91	5.00		3.05	3.06	3.06
Kivi 1	0.50	0.43	0.45		3.04	2.96	2.99
Kivi 2	0.68	0.66	0.70		4.29	4.32	4.30
Karamel	13.93	14.25	14.69		6.33	6.33	6.35
Karamel	428.85	440.39	428.62		6.11	6.14	6.13
Karamel	150.69	160.05	150.84		6.05	6.07	6.05
Karamel	48.12	49.65	50.28		5.67	5.64	5.66

Et ürünlerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Sucuk 1	3.41	3.45	3.46		6.48	6.48	6.51
Sucuk 2	7.60	7.64	6.98		6.00	5.97	5.96
Sucuk 3	0.79	0.84	0.80		5.08	5.03	5.02
Sosis 1	1.42	1.36	1.36		6.85	6.89	6.89
Sosis 2	0.61	0.61	0.55		6.78	6.77	6.76
Sosis 3	0.82	0.79	0.76		6.99	6.98	6.98
Salam 1	0.62	0.69	0.64		6.87	6.84	6.84
Salam 2	0.49	0.50	0.51		6.71	6.68	6.70
Et döner	0.35	0.41	0.41		6.43	6.40	6.39
Et döner	0.09	0.11	0.12		6.25	6.22	6.21
T.döner1	0.26	0.30	0.31		6.19	6.17	6.17
T. döner2	0.00	0.00	0.00		6.33	6.32	6.31
T. döner3	0.11	0.18	0.13		6.28	6.25	6.24

Toz tatlı örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	0.10	0.12	0.11		6.88	6.89	6.89
2	2.13	2.10	2.16		6.78	6.76	6.76
3	0.10	0.11	0.12		6.97	6.96	6.96
4	0.36	0.35	0.43		6.96	6.98	6.97
5	1.45	1.49	1.47		5.17	5.16	5.17
6	1.07	1.10	1.10		5.04	5.04	5.04

Toz çorba örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	1.54	1.56	1.58		4.85	4.87	4.87
2	0.61	0.60	0.60		4.69	4.69	4.70
3	0.26	0.27	0.31		4.73	4.76	4.78
4	0.02	0.02	0.02		5.11	5.14	5.15
5	0.00	0.00	0.00		6.24	6.25	6.26
6	0.00	0.00	0.00		6.43	6.43	6.43

Toz içecek örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Kapuçino 1	0.31	0.33	0.32		6.48	6.46	6.46
Kapuçino 2	1.48	1.44	1.58		6.42	6.42	6.43
Kapuçino 3	23.75	25.76	23.27		6.43	6.44	6.44
Kapuçino 4	16.20	15.07	16.55		6.40	6.41	6.39
Salep 1	0.03	0.03	0.03		6.76	6.79	6.79
Salep 2	0.00	0.00	0.00		6.55	6.55	6.55
Salep 3	0.00	0.00	0.00		6.62	6.62	6.61
S. çikolata1	9.52	9.46	9.55		6.86	6.86	6.85
S. çikolata2	0.27	0.27	0.30		6.99	7.00	7.01
S. çikolata3	1.46	1.50	1.48		6.91	6.89	6.91

Cips örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	0.41	0.40	0.45		6.39	6.40	6.40
2	3.14	3.01	2.85		6.23	6.27	6.27
3	0.12	0.11	0.10		6.42	6.48	6.49
4	0.12	0.12	0.12		6.04	6.05	6.06
5	0.56	0.51	0.55		6.41	6.47	6.45
6	0.36	0.32	0.39		6.44	6.45	6.44

Kek örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	3.14	3.10	3.12		6.88	6.87	6.85
2	18.25	17.77	16.51		6.88	6.86	6.85
3	1.56	1.58	1.45		6.50	6.52	6.50
4	1.71	1.75	1.76		5.91	5.90	5.89
5	2.01	1.96	1.95		6.76	6.76	6.77
6	2.62	2.56	2.56		6.42	6.42	6.41
7	1.45	1.42	1.42		6.12	6.10	6.09

Bisküvi örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Tatlı 1	1.56	1.57	1.58		7.45	7.46	7.45
Tatlı 2	1.08	0.97	0.98		7.38	7.38	7.39
Tatlı 3	1.25	1.30	1.29		7.62	7.63	7.63
Tatlı 4	9.94	9.96	9.98		7.18	7.18	7.18
Tatlı 5	52.01	52.44	51.94		6.85	6.84	6.83
Tatlı 6	2.18	2.21	2.24		6.89	6.90	6.88
Tatlı 7	3.36	3.29	3.34		6.99	7.00	7.01
Tatlı 8	2.43	2.90	2.68		7.14	7.14	7.15
Tuzlu 1	1.16	1.15	1.14		7.29	7.30	7.30
Tuzlu 2	1.50	1.51	1.49		7.43	7.44	7.44

Çikolata örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Beyaz 1	0.85	0.89	0.90		6.84	6.83	6.81
Beyaz 2	0.29	0.30	0.31		6.79	6.81	6.82
Beyaz 3	1.95	1.99	2.06		6.88	6.88	6.89
Karamel 1	34.32	34.85	34.63		6.78	6.79	6.79
Karamel 2	20.28	20.96	20.98		6.74	6.71	6.70
Karamel 3	4.50	4.42	4.52		6.91	6.93	6.92
Karamel 4	2.05	2.13	2.12		6.98	7.00	7.02
Karamel 5	14.56	14.60	14.67		6.69	6.69	6.70
Karamel 6	22.03	21.25	21.79		6.66	6.67	6.67
Karamel 7	31.26	30.10	30.68		6.73	6.69	6.68
Bitter 1	0.66	0.69	0.72		6.40	6.40	6.30
Bitter 2	7.26	7.18	7.22		6.93	6.94	6.94
Bitter 3	1.12	1.14	1.01		6.83	6.88	6.86
Diğer 1	4.87	4.85	4.89		6.88	6.89	6.90
Diğer 2	1.95	1.89	1.95		6.81	6.87	6.88
Diğer 3	0.76	0.73	0.70		6.77	6.81	6.83
Diğer 4	1.03	1.04	1.08		6.81	6.82	6.83
Diğer 5	8.35	8.62	8.50		6.89	6.90	6.90
Diğer 6	3.04	3.01	3.01		6.93	6.96	6.96
Diğer 7	2.59	2.61	2.69		6.74	6.74	6.75
Diğer 8	10.79	11.11	11.25		6.88	6.85	6.84

Lokum ürünlerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Köme 1	37.00	36.90	37.67		6.11	6.10	6.09
Köme 2	2.79	2.69	2.86		5.97	5.94	5.93
Köme 3	12.38	12.35	12.47		5.75	5.74	5.73
Lokum 1	179.72	182.10	182.89		4.73	4.71	4.70
Lokum 2	135.22	140.94	135.08		5.00	4.95	4.93
Lokum 3	144.49	142.23	141.86		4.78	4.78	4.78
Lokum 4	43.19	46.41	47.80		4.26	4.25	4.25
Lokum 5	143.08	140.66	141.63		4.34	4.29	4.32
Lokum 6	32.19	32.83	31.82		3.85	3.84	3.82
Lokum 7	23.90	23.75	24.17		3.78	3.77	3.77
Lokum 8	57.13	55.47	56.25		3.81	3.80	3.79

Gazlı içecek örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Kola 1	1.25	1.23	1.24		2.59	2.58	2.59
Kola 2	0.37	0.37	0.37		2.99	2.98	2.99
Kola 3	0.34	0.33	0.32		2.70	2.70	2.68
Kola 4	3.75	3.85	3.84		2.70	2.72	2.70
Gazoz 1	0.02	0.02	0.02		3.13	3.13	3.13
Gazoz 2	2.25	2.20	2.20		3.15	3.15	3.15
Gazoz 3	0.00	0.00	0.00		3.43	3.44	3.44
Fanta 1	1.86	1.87	1.85		3.27	3.26	3.24
Fanta 2	0.20	0.22	0.21		3.13	3.12	3.12
Fanta 3	2.28	2.39	2.40		3.19	3.19	3.18
Light 1	1.48	1.50	1.50		3.06	3.02	3.03
Light 2	1.78	1.77	1.82		2.96	2.96	2.94
Ligth 3	1.04	1.05	1.04		2.88	2.88	2.86

Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin pH ve °Briks değerleri							
	pH				**°Briks**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	2.25	2.22	2.23		56.85	56.96	57.04
2	2.07	2.05	2.05		64.33	64.35	64.33
3	2.26	2.26	2.25		56.67	56.69	56.68
4	2.28	2.26	2.26		58.13	58.15	58.11
5	2.29	2.29	2.29		59.95	59.93	59.94
6	2.12	2.12	2.13		61.18	61.17	61.25
7	2.06	2.09	2.07		83.14	83.38	83.33
8	2.09	2.12	2.10		78.56	78.94	79.27
9	1.95	1.93	1.90		79.64	81.19	81.32

Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin *L** ve *a** değerleri							
	L*				***a****		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	4.38	4.35	4.33		1.41	1.40	1.36
2	5.89	6.01	6.00		4.02	4.05	4.02
3	3.29	3.28	3.27		2.98	2.95	2.93
4	4.27	4.17	4.24		6.76	6.63	6.77
5	4.68	4.61	4.59		4.20	4.12	4.08
6	5.41	5.38	5.30		8.07	8.03	7.91
7	3.26	3.24	3.27		1.88	1.92	1.90
8	10.34	9.73	9.51		2.33	2.30	2.24
9	4.77	4.40	4.38		4.23	3.92	3.82

Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin *b** ve 5-HMF değerleri							
	b*				**5-HMF**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	1.10	1.07	1.06		4197.50	4157.36	4018.09
2	6.68	6.70	6.71		1478.91	1494.55	1481.47
3	1.74	1.68	1.75		3106.28	3203.72	3129.64
4	6.13	5.98	6.11		3068.11	3047.31	2911.04
5	4.51	4.45	4.43		2398.71	2402.92	2430.09
6	6.32	6.26	6.22		2588.71	2654.39	2593.52
7	3.52	3.35	3.40		184.28	192.52	190.26
8	11.83	11.09	10.77		103.65	98.53	101.25
9	6.95	6.26	6.14		154.85	166.81	162.92

Farklı şeker asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin 420 nm'deki absorbans değeri			
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
1	0.7426	0.7736	0.7310
2	0.4535	0.4616	0.5027
3	0.7017	0.6982	0.6911
4	0.6239	0.6674	0.6123
5	0.6439	0.6876	0.6519
6	0.5875	0.6193	0.6117
7	0.0695	0.0701	0.0712
8	0.0533	0.0552	0.0515
9	0.0898	0.0861	0.0884

Sukroz ve sitrik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
0.10	0.10	0.10		0.005	0.001	0.022
5.36	5.36	5.36		0.145	0.141	0.204
10.61	10.62	10.61		0.274	0.292	0.366
15.88	15.88	15.87		0.405	0.408	0.505
21.13	21.13	21.13		0.558	0.573	0.676
26.39	26.38	26.38		0.698	0.728	0.852
31.64	31.65	31.65		0.838	0.852	0.971
36.90	36.90	36.91		0.985	1.007	1.111
42.17	42.16	42.16		1.113	1.144	1.244
47.42	47.42	47.42		1.238	1.264	1.321
52.68	52.69	52.68		1.381	1.400	1.467
57.94	57.94	57.94		1.546	1.569	1.601
63.19	63.19	63.19		1.684	1.696	1.741
68.45	68.44	68.45		1.829	1.872	1.883
73.71	73.70	73.71		1.994	2.023	2.053
78.97	78.97	78.97		2.142	2.157	2.201
84.23	84.23	84.23		2.285	2.293	2.344
89.48	89.49	89.49		2.444	2.441	2.493
94.74	94.74	94.75		2.589	2.598	2.633
100.00	100.00	100.00		2.732	2.727	2.782

Sukroz ve tartarik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
0.10	0.10	0.10		0.009	0.007	0.007
5.36	5.36	5.36		0.412	0.395	0.401
10.62	10.62	10.62		0.847	0.815	0.835
15.87	15.87	15.87		1.276	1.222	1.258
21.13	21.13	21.13		1.721	1.654	1.710
26.39	26.39	26.39		2.154	2.082	2.153
31.65	31.65	31.64		2.593	2.510	2.606
36.91	36.90	36.90		3.040	2.956	3.065
42.16	42.17	42.16		3.490	3.395	3.519
47.42	47.42	47.42		3.917	3.829	3.970
52.68	52.68	52.68		4.364	4.279	4.431
57.93	57.93	57.94		4.854	4.767	4.931
63.20	63.19	63.20		5.281	5.205	5.385
68.45	68.45	68.45		5.737	5.669	5.888
73.71	73.71	73.71		6.210	6.161	6.366
78.97	78.97	78.97		6.658	6.626	6.844
84.23	84.23	84.23		7.110	7.093	7.313
89.48	89.49	89.48		7.572	7.544	7.798
94.74	94.74	94.75		8.018	8.011	8.259
100.00	100.00	100.00		8.456	8.463	8.711

Sukroz ve malik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2. paralel**	**3. paralel**		**1. paralel**	**2. paralel**	**3. paralel**
0.10	0.10	0.10		0.10	0.10	0.10
5.36	5.36	5.36		5.36	5.36	5.36
10.62	10.62	10.62		10.62	10.62	10.62
15.88	15.88	15.88		15.88	15.88	15.88
21.13	21.13	21.13		21.13	21.13	21.13
26.39	26.39	26.39		26.39	26.39	26.39
31.65	31.65	31.65		31.65	31.65	31.65
36.91	36.91	36.91		36.91	36.91	36.91
42.16	42.16	42.16		42.16	42.16	42.16
47.42	47.42	47.42		47.42	47.42	47.42
52.68	52.68	52.68		52.68	52.68	52.68
57.94	57.94	57.94		57.94	57.94	57.94
63.20	63.20	63.20		63.20	63.20	63.20
68.46	68.46	68.46		68.46	68.46	68.46
73.71	73.71	73.71		73.71	73.71	73.71
78.97	78.97	78.97		78.97	78.97	78.97
84.23	84.23	84.23		84.23	84.23	84.23
89.48	89.48	89.48		89.48	89.48	89.48
94.74	94.74	94.74		2.363	2.380	2.550
100.00	100.00	100.00		2.488	2.498	2.677

Fruktoz ve sitrik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2. paralel**	**3. paralel**		**1. paralel**	**2. paralel**	**3. paralel**
0.10	0.10	0.10		0.025	0.000	0.003
5.36	5.36	5.36		0.273	0.162	0.146
10.61	10.62	10.62		0.430	0.304	0.296
15.87	15.87	15.87		0.538	0.453	0.442
21.13	21.13	21.13		0.674	0.577	0.604
26.39	26.39	26.39		0.847	0.723	0.751
31.65	31.65	31.65		0.977	0.898	0.901
36.90	36.91	36.90		1.149	1.027	1.058
42.17	42.16	42.16		1.295	1.191	1.207
47.42	47.42	47.42		1.449	1.347	1.344
52.68	52.68	52.68		1.600	1.494	1.498
57.94	57.93	57.94		1.758	1.631	1.675
63.19	63.19	63.19		1.925	1.800	1.811
68.46	68.45	68.45		2.069	1.949	1.963
73.71	73.71	73.71		2.239	2.089	2.148
78.97	78.97	78.97		2.403	2.237	2.302
84.23	84.22	84.23		2.566	2.414	2.449
89.49	89.48	89.49		2.724	2.557	2.614
94.74	94.74	94.75		2.887	2.694	2.765
100.00	100.00	100.00		3.040	2.868	2.924

Fruktoz ve malik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2. paralel**	**3. paralel**		**1. paralel**	**2. paralel**	**3. paralel**
0.10	0.10	0.10		0.006	0.010	0.013
5.36	5.36	5.36		0.197	0.205	0.201
10.61	10.62	10.62		0.396	0.394	0.393
15.87	15.88	15.87		0.608	0.591	0.588
21.13	21.13	21.12		0.809	0.802	0.797
26.39	26.39	26.38		1.010	0.986	0.993
31.64	31.65	31.65		1.212	1.212	1.200
36.91	36.91	36.91		1.410	1.426	1.407
42.17	42.16	42.16		1.622	1.648	1.630
47.42	47.42	47.42		1.817	1.825	1.816
52.68	52.68	52.68		2.032	2.057	2.036
57.94	57.93	57.93		2.267	2.262	2.245
63.19	63.20	63.20		2.462	2.484	2.455
68.45	68.45	68.45		2.685	2.693	2.660
73.71	73.71	73.71		2.916	2.926	2.891
78.97	78.97	78.97		3.140	3.129	3.101
84.23	84.22	84.23		3.337	3.362	3.308
89.49	89.48	89.49		3.548	3.561	3.501
94.74	94.75	94.75		3.790	3.773	3.725
99.99	100.00	100.00		4.004	4.012	3.953

Glukoz ve sitrik asit kullanılarak oluşturulan karamel örneklerinin kesme hızı ve basınç değerleri						
Kesme hızı				**Basınç**		
1. paralel	**2. paralel**	**3. paralel**		**1. paralel**	**2. paralel**	**3. paralel**
0.08	0.08	0.08		6.79	6.11	6.31
5.17	4.96	5.16		432.57	389.39	401.89
10.21	9.79	10.18		876.94	789.39	814.73
15.35	14.73	15.32		1343.26	1209.16	1247.98
20.42	19.59	20.38		1810.36	1629.63	1681.94
25.50	24.46	25.44		2280.36	2052.70	2118.60
30.63	29.38	30.56		2752.29	2477.52	2557.05
35.70	34.25	35.63		3218.42	2897.12	2990.11
40.86	39.20	40.77		3683.58	3315.84	3422.28
45.90	44.03	45.80		4155.51	3740.66	3860.73
50.94	48.87	50.83		4610.03	4149.81	4283.02
56.14	53.86	56.02		5063.59	4558.08	4704.40
61.18	58.69	61.05		5496.84	4948.08	5106.91
66.40	63.69	66.25		5912.68	5322.41	5493.26
71.46	68.55	71.30		6275.33	5648.86	5830.18
76.57	73.46	76.41		6620.58	5959.63	6150.94
81.57	78.25	81.40		6964.85	6269.54	6470.79
86.78	83.25	86.59		7290.76	6562.91	6773.58

Lif ilave edilen karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değerleri							
	5-HMF				**pH**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
L1	79.18	76.17	77.47		2.21	2.21	2.21
L2	96.99	96.69	99.59		2.24	2.24	2.24
L3	84.39	86.42	85.57		2.26	2.25	2.26
L4	60.71	59.62	62.16		2.29	2.28	2.27
L5	87.88	87.29	88.89		2.29	2.29	2.27
L6	59.60	64.07	60.67		2.33	2.30	2.28
L7	28.20	27.84	29.40		2.33	2.32	2.32
L8	38.80	34.88	35.53		2.57	2.57	2.56
L9	29.45	27.75	27.85		2.61	2.60	2.60
L10	6.21	6.80	8.13		2.92	2.93	2.93
L11	37.39	38.69	39.83		2.38	2.40	2.36

Lif ilave edilen karamel örneklerinin *L** ve *a** değerleri							
	L*				***a****		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
L1	8.28	8.23	8.33		-0.57	-0.59	-0.64
L2	11.45	11.24	11.38		-0.67	-0.64	-0.67
L3	8.89	8.73	8.71		-0.45	-0.43	-0.43
L4	9.58	9.63	9.67		-0.69	-0.70	-0.70
L5	11.31	11.16	11.07		-0.61	-0.61	-0.60
L6	8.87	8.81	8.94		-0.66	-0.63	-0.67
L7	11.30	11.11	10.98		-0.97	-0.94	-0.95
L8	17.17	16.65	17.17		6.80	6.67	6.66
L9	24.44	24.49	24.11		-0.55	-0.57	-0.63
L10	23.24	23.02	23.08		-0.28	-0.29	-0.27
L11	11.91	12.01	12.09		-0.91	-0.91	-0.90

Lif ilave edilen karamel örneklerinin *b** ve °Briks değerleri							
	b*				**°Briks**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
L1	-0.33	-0.3	-0.31		33.52	33.54	33.56
L2	-0.35	-0.29	-0.33		36.62	36.62	36.63
L3	-0.39	-0.3	-0.38		36.90	36.88	36.92
L4	-0.55	-0.56	-0.56		36.43	36.42	36.41
L5	-0.44	-0.47	-0.44		37.02	37.02	36.98
L6	-0.73	-0.74	-0.7		36.80	36.79	36.80
L7	-0.66	-0.63	-0.63		34.34	34.25	34.24
L8	13.45	13.26	13.28		35.30	35.29	35.28
L9	1.64	1.56	1.48		33.48	33.45	33.44
L10	3.58	3.61	3.61		34.62	34.34	34.22
L11	-0.83	-0.87	-0.86		34.77	34.67	34.60

Lif ilave edilen karamel örneklerinin a_w ve absorbans (×100) değerleri							
	a_w				**Absorbans**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
L1	0.932	0.933	0.935		7.942	7.602	7.581
L2	0.935	0.934	0.934		-0.442	-0.591	-0.573
L3	0.935	0.936	0.936		-0.496	-0.485	-0.521
L4	0.939	0.939	0.939		-0.395	-0.382	-0.418
L5	0.938	0.939	0.939		-0.523	-0.573	-0.612
L6	0.940	0.940	0.940		-3.524	-2.909	-3.235
L7	0.945	0.945	0.945		4.715	4.613	4.550
L8	0.950	0.949	0.948		19.103	19.249	19.162
L9	0.950	0.949	0.950		44.866	43.238	43.608
L10	0.939	0.949	0.948		13.714	13.765	13.879
L11	0.942	0.943	0.947		12.568	12.894	12.464

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH değeri							
	5-HMF				**pH**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
S1	78.08	75.51	76.61		2.21	2.21	2.21
S2	21.37	21.66	21.96		2.75	2.75	2.76
S3	37.48	36.77	37.77		2.59	2.56	2.56
S4	37.61	37.72	38.02		2.6	2.61	2.58
S5	46.14	46.29	45.92		2.59	2.56	2.54
S6	48.79	49.21	50.13		2.48	2.51	2.47
S7	43.25	42.76	43.72		2.51	2.52	2.51
S8	40.51	40.66	39.95		2.58	2.57	2.56
S9	8.18	9.20	8.68		2.73	2.75	2.75
S10	44.87	45.21	46.22		2.33	2.31	2.30
S11	144.23	147.57	142.46		2.52	2.51	2.51
S12	146.52	139.79	142.96		2.47	2.45	2.45

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin *L** ve *a** değerleri							
	L*				***a****		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
S1	11.11	11.04	11.03		-0.73	-0.65	-0.68
S2	14.89	14.85	14.53		-0.09	-0.08	-0.09
S3	11.77	11.47	11.29		2.15	2.11	2.11
S4	12.89	12.53	12.90		2.21	2.18	2.20
S5	13.38	13.26	13.14		-0.27	-0.30	-0.32
S6	11.64	11.14	11.47		-0.2	-0.20	-0.21
S7	11.34	11.06	11.12		1.21	1.21	1.18
S8	18.96	19.17	18.91		5.40	5.47	5.44
S9	11.25	11.24	11.00		-0.83	-0.81	-0.77
S10	12.99	12.78	13.04		-0.76	-0.68	-0.72
S11	1.35	1.25	1.29		3.58	3.35	3.36
S12	8.25	7.93	7.88		1.14	1.14	1.14

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin *b** ve a_w değerleri							
	b*				a_w		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
S1	0.66	0.64	0.76		0.930	0.931	0.930
S2	14.83	14.56	14.35		0.938	0.936	0.937
S3	12.69	12.36	12.14		0.937	0.937	0.939
S4	15.78	15.42	15.84		0.941	0.941	0.940
S5	5.82	5.87	5.81		0.939	0.940	0.939
S6	8.35	8.01	8.20		0.940	0.940	0.941
S7	0.83	0.87	0.99		0.940	0.940	0.940
S8	23.25	23.64	23.44		0.943	0.942	0.943
S9	-0.78	-0.64	-0.70		0.944	0.945	0.945
S10	0.14	0.12	0.17		0.945	0.945	0.945
S11	0.47	0.39	0.37		0.922	0.927	0.928
S12	5.89	5.70	5.70		0.917	0.921	0.919

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin Absorbans ve °Briks değerleri							
	Absorbans				**°Briks**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
S1	7.90	7.94	7.89		35.09	35.05	35.07
S2	4.12	4.09	4.10		35.21	35.33	35.32
S3	8.42	8.26	8.25		35.15	35.14	35.17
S4	5.76	5.75	5.51		35.16	35.29	35.34
S5	2.75	2.70	2.63		35.21	35.21	35.20
S6	4.19	4.24	4.06		35.11	35.10	35.11
S7	58.18	59.12	59.30		36.20	36.22	36.26
S8	4.86	4.82	4.34		35.54	35.55	35.54
S9	0.24	0.22	0.27		35.96	35.97	36.01
S10	1.72	1.70	1.71		35.27	35.28	35.29
S11	0.49	0.49	0.50		36.02	36.01	36.02
S12	0.46	0.40	0.43		36.09	36.12	36.17

Karamellere ilave edilen farklı suların *b** değerleri			
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
Maydanoz s.	18.70	17.88	18.12
Dereotu s.	20.07	20.05	19.76
Tere s.	16.46	16.28	15.94
Ekşimen s.	26.28	25.50	25.36
Semizotu s.	14.73	14.79	14.79
Siyah üzüm s.	4.85	4.79	4.89
Havuç suyu	36.93	36.50	36.95
Yoğurt suyu	0.93	0.89	0.89
Peynir suyu	2.26	2.15	2.13
Mor lahana s.	21.03	22.05	21.68
Pancar suyu	3.17	3.10	3.19

Karamellere ilave edilen farklı suların pH ve °Briks değerleri							
	pH				°Briks		
Örnek	**1. par.**	**2.par.**	**3.par.**		**1. par.**	**2.par.**	**3.par.**
Maydanoz	6.15	6.17	6.17		5.29	5.47	5.55
Dereotu	5.88	5.92	5.93		3.46	3.34	3.32
Tere	6.13	6.14	6.14		3.20	3.14	3.29
Ekşimen	3.34	3.33	3.33		2.02	1.98	2.00
Semizotu	4.99	5.00	5.00		1.61	1.63	1.59
Siyah üzüm	3.63	3.61	3.60		21.13	21.11	21.05
Havuç suyu	6.39	6.39	6.38		8.57	8.58	8.47
Yoğurt suyu	4.12	4.12	4.12		8.78	8.78	8.80
Peynir suyu	4.82	4.80	4.80		5.88	5.86	5.90
Mor lahana	6.98	6.98	6.98		9.15	9.18	9.21
Pancar suyu	6.69	6.69	6.69		6.83	6.84	8.84
Karamellere ilave edilen farklı suların *L ve *a** değerleri**							
	L*				***a****		
Örnek	**1. par.**	**2.par.**	**3.par.**		**1. par.**	**2.par.**	**3.par.**
Maydanoz	14.62	14.12	14.42		-6.59	-6.46	-6.52
Dereotu	15.6	15.77	15.61		-9.02	-9.05	-8.99
Tere	12.58	12.61	12.36		-8.31	-8.31	-8.22
Ekşimen	22.34	21.69	21.62		-2.10	-2.05	-2.02
Semizotu	14.38	14.45	14.50		-3.69	-3.72	-3.75
Siyah üzüm	13.02	12.91	13.13		6.26	6.24	6.30
Havuç suyu	35.9	35.57	35.81		16.68	16.49	16.71
Yoğurt suyu	20.6	20.28	20.41		-1.89	-1.86	-1.89
Peynir suyu	21.02	20.65	20.59		-1.40	-1.37	-1.36
Mor lahana	38.21	37.94	39.01		-9.85	-9.80	-9.83
Pancar suyu	1.52	1.54	1.58		1.54	1.55	1.57

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin 5-HMF miktarı ve pH							
	5-HMF				pH		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
R1	0.00	0.00	0.00		2.22	2.22	2.22
R2	15.45	15.59	15.60		2.27	2.27	2.27
R3	48.93	48.77	48.96		2.24	2.22	2.21
R4	4.08	4.14	4.23		2.26	2.24	2.23
R5	98.89	99.33	99.04		2.22	2.22	2.20
R6	101.89	101.60	101.94		2.22	2.22	2.22
R7	259.43	260.05	260.01		2.27	2.27	2.26
R8	49.54	49.40	49.71		2.26	2.25	2.25
R9	668.23	660.20	662.69		2.28	2.28	2.28
R10	1573.92	1600.45	1591.43		2.29	2.29	2.29

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin *L** ve *a** değeri							
	L*				***a****		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
R1	12.19	12.05	12.04		-0.53	-0.55	-0.59
R2	7.04	6.79	7.21		-0.7	-0.65	-0.7
R3	9.73	9.91	9.99		-0.64	-0.63	-0.62
R4	7.03	7.09	7.02		-0.57	-0.6	-0.6
R5	8.05	8.19	8.16		-0.67	-0.69	-0.66
R6	8.45	8.49	8.41		-0.73	-0.72	-0.71
R7	13.78	13.77	13.88		-0.62	-0.53	-0.59
R8	11.9	11.68	12.2		-0.58	-0.6	-0.58
R9	10.39	10.37	10.43		-0.52	-0.48	-0.46
R10	10.18	10.13	10.15		0.95	0.93	0.94

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin *b** ve °Briks değerleri							
	b*				**°Briks**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
R1	-0.67	-0.63	-0.65		33.70	33.72	33.69
R2	-1.45	-1.38	-1.32		34.77	34.77	34.78
R3	-0.77	-0.72	-0.75		34.55	34.55	34.54
R4	-1.30	-1.25	-1.14		34.30	34.31	34.30
R5	-1.02	-1.01	-0.94		34.64	34.64	34.64
R6	-0.94	-0.96	-0.98		34.64	34.60	34.61
R7	0.40	0.45	0.42		34.65	34.79	34.81
R8	-0.41	-0.41	-0.42		34.57	34.54	34.54
R9	2.21	2.27	2.27		34.75	34.78	34.74
R10	9.62	9.54	9.56		34.60	34.57	34.61

Farklı su ilave edilerek hazırlanan karamel örneklerinin a_w ve absorbans							
	a_w				**Absorbans (×100)**		
Örnek	**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**		**1. paralel**	**2.paralel**	**3.paralel**
R1	0.945	0.946	0.946		0.671	0.728	0.719
R2	0.937	0.938	0.937		1.620	1.835	1.677
R3	0.938	0.937	0.939		5.075	4.786	5.281
R4	0.945	0.945	0.944		5.136	4.460	4.394
R5	0.940	0.940	0.938		5.999	5.986	6.014
R6	0.942	0.941	0.941		6.263	6.216	6.246
R7	0.943	0.941	0.943		7.964	7.176	7.262
R8	0.944	0.943	0.944		8.014	8.159	8.173
R9	0.940	0.939	0.939		11.698	12.407	12.440
R10	0.941	0.941	0.941		29.879	28.115	28.708

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Ömer Said TOKER
Uyruğu: Türkiye (T.C.)
Doğum Tarihi ve Yeri: 24 Mart 1985, Balıkesir
Medeni Durumu: Evli
email: saidtokeromer@yahoo.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2008
Lise	Tokat Anadolu Lisesi, Tokat	2003

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2010-	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	Arş. Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

A) Uluslar arası sempozyumlarda sunulan bildiriler

Dogan, M., Toker O.S., Ersöz, N.B. Traditional Turkish menengic (*Pistacia terebinthus*) cofee. 4th. International Congress on Food and Nutrition, 2011, Istanbul, Turkey

Yalçın, H., Toker, S.Ö., Doğan, M. Effect of fatty acid composition on the dynamic and steady rheological properties of vegetable oils.The International Food Congress "Novel Approaches in Food Industry", 2011, Cesme, Izmir, Turkey.

Doğan, M., Toker, Ö.S., Göksel, M. Effect of concentration of inulin on rheological properties of model instant hot chocolate beverage.The International Food Congress "Novel Approaches in Food Industry", 2011, Cesme, Izmir, Turkey.

Doğan, M., Toker, Ö.S., Oral, R.A. Sarıoğlu, K. Effect of different sugar/acid combinations on rheological properties of caramel samples. The International Food Congress "Novel Approaches in Food Industry", 2011, Cesme, Izmir, Turkey.

Toker, Ö.S., Yalçın, Ö., Doğan, M. Estimation of adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) for prediction of fatty acid composition of oils based on rheological measurements. The International Food Congress "Novel Approaches in Food Industry", 2011, Cesme, Izmir, Turkey.

Oral, R.A., Toker, Ö.S., Doğan, M., Sarıoğlu, K. Prediction of 5-HMF Content of Three Molasses Types Based on Temperature and Storage Time by Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS Model). The International Food Congress "Novel Approaches in Food Industry", 2011, Cesme, Izmir, Turkey.

Doğan, M., Toker, Ö.S., Ersöz, N.B., Öztürk, G. Textural and sensory analyses of cream cheese.4th. International Congress on Food and Nutrition, 2011, Istanbul, Turkey

Doğan, M., Sarıoğlu, K., Kayacier, A., Göksel, M., Oral, R.A., Toker, Ö.S. Rheological and chemical properties of prebiotic butter cream: effect of storage time. IbeReo 2011, Rheology Trends: from nano to macro systems, 2011, Lisboa, Portugal

Doğan, M., Ersöz, N.B., Toker, O.S. Steady, dynamic and creep analysis of cheese spread: Effect of different temperatures. IbeReo2011, Rheology Trends: from nano to macro systems, 2011, Lisboa, Portugal

Doğan, M., Sarioğlu, K., Kayacıer, A., Göksel,M., Oral, R.A., Toker, Ö.S. The textural and chemical properties of prebiotic butter: effect of storage time.4th. International Congress on Food and Nutrition, 2011, Istanbul, Turkey

Toker, Ö.S., Doğan, M., Yılmaz, M.T., Karaman, S., Kayacıer, A. Response surfacece methodological study on rheological properties of ice cream mixes: Effect of gum concentration and ageing time.4th. International Congress on Food and Nutrition, 2011, Istanbul, Turkey

Doğan, M., Toker, Ö.S.Synergy effect of some hydrocolloids on rheological properties of model instant hot chocolate beverage.1st International Congress on Food Technology, 2010, Antalya, Turkey

B) <u>SCI indeksli dergilerdeki yayınlar</u>

Dogan, M, Toker, O.S., Goksel, M. Rheological Behaviour of Instant Hot Chocolate Beverage: Part 1. Optimization of the Effect of Different Starches and Gums. Food Biophysics, 2011, 6:512-518.

Dogan, M., Toker, O.S., Aktar, T., Goksel, M. Optimization of gum combination in prebiotic instant hot chocolate beverage model system in terms of rheological aspect: Mixture design approach. Food and Bioprocess Technology, (In Press)

Goksel, M., Dogan,M., Toker, O.S., Ozgen,S., Sarioglu, K., Oral, R.A. The effect of starch concentration and temperature on grape molasses: Rheological and Textural properties. Food and Bioprocess Technology, (In press)

Yalcin, H., Toker, O.S., Dogan, M., Effect of oil type and fatty acid composition on dynamic and steady shear rheology of vegetable oils. Journal Of Oleo Science, (In press)

Toker, Ö.S., Doğan, M, Göksel, M.Prediction of rheological parameters of model instant hot chocolate beverage by adaptive neuro fuzzy inference system. Milchwissenchaft-Milk Science International, (In press)

C) <u>Projeler</u>

Tez Projesi, Yüksek Lisans, FBY09-1001, Araştırmacı, Kızartılmıs Patateslerde Kızartma Yagı, Kızartma Sıcaklıgı ve Süresinin Trans Yağ Asidi Olusumu Üzerine Etkisi