



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇÖVEN EKSTRAKTI TOZU ELDESİ

Onur ÖZDİKİCİLERLER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fikret PAZIR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 614.02.00

Sunuş Tarihi : 18.01.2010

E. Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bornova-İZMİR

2010

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÇÖVEN EKSTRAKTI TOZU ELDESİ

Onur ÖZDİKİCİLER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fikret PAZIR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 614.02.00

Sunuş Tarihi : 18.01.2010

Bornova-İZMİR

2010

KABUL VE ONAY

Onur ÖZDİKİCİLERLER tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Çöven Ekstraktı Tozu Eldesi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 18.01.2010 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:**İmza**

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Fikret PAZIR
Raportör Üye	: Yrd. Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Zeki HEPCİMEN

ÖZET**ÇÖVEN EKSTRAKTI TOZU ELDESİ**

ÖZDİKİCİLER, Onur

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Fikret PAZIR

Ocak 2010, 77 sayfa

Bu çalışmada, çöven bitkisinin köklerinden elde edilen çöven ekstraktının püskürtmeli kurutma aşamasında işlem parametrelerinin (besleme briks derecesi, hava giriş sıcaklığı ve hava çıkış sıcaklığı) toz ürün özellikleri üzerine etkileri ve kurutma işleminin optimizasyonu üzerine çalışılmıştır.

Çöven kökü ekstraktı, belirli miktarda öğütülmüş çöven kökünün kademeli bir şekilde su ile kaynatılması sonucunda elde edilmiştir. Kurutma öncesi ekstrakta, maltodekstrin eklenmiş ve çöven kökü ekstraktından toz eldesi için uygulanan püskürtmeli kurutma işleminde hava giriş sıcaklığı (110-160°C), hava çıkış sıcaklığı (50-80°C) ve besleme briksi (15-30°Bx) değişkenler (parametreler) olarak denenmiştir. Elde edilen toz üründe, nem, su aktivitesi, toplam saponin miktarı, köpürme, yığın yoğunluğu, çözünürlük, ve renk analizleri yapılmıştır.

Araştırma sonucunda, püskürtmeli kurutma işleminin, çöven ekstraktlarında bulunan ve tahin helvası ile paşa (sultan) lokumu üretimleri sırasında önemli bir yeri olan saponin maddesinin miktarına etki etmediği, maltodekstrin ilavesi ile yığın yoğunluğunun, çözünme süresinin, L, a ve b değerlerinin arttığı ve oluşan köpük hacminde azalma gerçekleşmediği bulunmuştur. Hava giriş sıcaklığının artması ile yığın yoğunluğu azalmış ve çözünürlük artmıştır. Hava çıkış sıcaklığının artması da nem, su aktivitesi ve yığın yoğunluğunu azaltmıştır. Gerçekleştirilmiş olan tüm kurutma denemelerinde toz ürünler için nem %5,2'nin ve su aktivitesi 0,3'ün altında kalmıştır.

Sonuç olarak, yapılan optimizasyon sonucunda tahin helvasında kullanılmak üzere öven ekstrakt tozlarının elde edilmesinde, optimum püskürtmeli kurutma parametreleri, besleme briks derecesi $15,98\pm 0,27^\circ\text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110,21\pm 0,3^\circ\text{C}$, hava çıkış sıcaklığı $79,71\pm 0,64^\circ\text{C}$ olarak bulunmuşken paşa lokumu üretimlerinde kullanılmak üzere öven ekstrakt tozlarının elde edilmesinde, optimum püskürtmeli kurutma parametreleri, besleme briks derecesi $15,98\pm 0,27^\circ\text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110,21\pm 0,3^\circ\text{C}$, hava çıkış sıcaklığı $79,71\pm 0,64^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: öven ekstraktı tozu, saponinler, öven ekstraktı, tahin helvası, paşa (sultan) lokumu, püskürtmeli kurutma

ABSTRACT

SOAPWORT EXTRACT POWDER PRODUCTION

ÖZDİKİCİERLER, Onur

MSc in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fikret PAZIR

January 2010, 77 pages

In this work, the effect of spray drying parameters (such as feed soluble solid concentration, air inlet temperature and air outlet temperature) for the soapwort extract, that was extracted from soapwort roots, on dried product properties were evaluated and spray drying parameters were optimized.

Soapwort root extract was obtained after sequential extractions of the soapwort roots with water. Prior to drying process, maltodextrin was added to extract and spray drying was applied to produce soapwort extract powder. In spray drying, feed soluble solid concentration, air inlet temperature and air outlet temperature were determined as independent parameters. The analyses of moisture content, water activity, total saponin content, bulk density, time of dissolution, foam volume and color were done in soapwort extract powder.

According to the results of the study, spray drying operation didn't affect the total saponin content, was a very significant substance of the soapwort root extract that has had a big importance for tahin halva and pasha delight production and the addition of maltodextrin has increased bulk density, time of dissolution, L, a and b values. While air inlet temperature increases, bulk density decreased and time of dissolution increased. As the air outlet temperature increased, moisture, water activity and bulk density decreased. In all drying processes, for powders the moisture content was below %5,2 and water activity was below 0,3.

VIII

In conclusion, for tahin halva production the optimum soapwort root extract drying parameters were determined as feed soluble solid concentration $15,98\pm 0,27^{\circ}\text{Bx}$, air inlet temperature $110,21\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ and air outlet temperature $79,71\pm 0,64^{\circ}\text{C}$, while those were feed soluble solid concentration $15,98\pm 0,27^{\circ}\text{Bx}$, air inlet temperature $110,21\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ and air outlet temperature $79,71\pm 0,64^{\circ}\text{C}$ for pasha (sultan) delight productions.

Keywords: powdered soapwort root extract, saponins, soapwort root extract, Turkish halva, Turkish delight, spray drying

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca ihtiyaç duyduğum her türlü çalışma ortamını severek sağlayan, görüş, bilgi ve engin deneyimleriyle bana her zaman yol gösteren saygıdeğer hocam Sayın **Prof. Dr. Fikret PAZIR**'a,

Çalışmalarım boyunca zor anlarımda yanımda olup, çok değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, hocam Sayın **Yrd. Doç. Dr. Nur DİRİM**'e

Çalışma ortamımı paylaştığım ve her zaman desteklerini ve ilgilerini hissettiğim çok değerli yüksek lisans arkadaşlarım, **Sıla BARUT**, **Ahsen RAYMAN** ve **İpek İLKSOY**'a

Zorlu üretim ve analizler boyunca geç saatlere kadar yardımlarını esirgemeyen Gıda Mühendisi arkadaşlarım **Şehriban UĞUZ**, **Peren AYKAS** ve **Gülşah ÇALIŞKAN**'a

Labaratuvar çalışmalarım boyunca teknik anlamda tüm desteklerinden dolayı **Nazile ERCİ**, **Kenan PLANA**, **Berna ŞENGÜL ERDOĞAN**, **Mehmet UZUN**, **Mehmet YURTCU**, **İlhan BORA**'ya

Tez projeme sağladığı maddi katkıdan dolayı **Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu**'na

Hayatları boyunca bana en iyiyi sunmak için durmadan çalışan ve çocuklarının iyi bir eğitim alması için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan babam **Mustafa ÖZDİKİCİERLER** ve annem **Meral ÖZDİKİCİERLER** ile tez çalışmamın her aşamasında bana destek olan kardeşim **Emre ÖZDİKİCİERLER**'e

Çalışmalarımın en zor anlarında manevi desteğiyle her zaman yanımda olan **Bedriye VAROL**'a

Sonsuz **TEŞEKKÜR**'ü bir borç bilirim.

Onur ÖZDİKİCİERLER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XXI
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal	17
3.2. Metot	18
3.2.1. Çöven Köklerinden Ekstrakt (Çöven Suyu) Eldesi.....	18
3.2.2. Püskürtmeli Kurutucu	18
3.2.3. Çöven Kökü Ekstraktının Püskürtmeli Kurutucuda Kurutulması.....	20
3.2.4. Analiz Yöntemleri.....	21
3.2.4.1. Nem Tayini	21
3.2.4.2. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini.....	21

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

3.2.4.3. Su Aktivitesi Tayini	22
3.2.4.4. Toplam Saponin Miktarı Tayini.....	22
3.2.4.5. Köpürme Analizi.....	25
3.2.4.6. Yığın (Kitle) Yoğunluğu Tayini	26
3.2.4.7. Çözünürlük Analizi.....	27
3.2.4.8. Renk Tayini.....	27
3.2.4.9. Deneysel Dizayn ve İstatistiksel Analiz	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Optimizasyonu İçin Modelin Oluşturulması.....	31
4.2. Nem Tayini Sonuçları.....	33
4.3. Su Aktivitesi Tayini Sonuçları.....	36
4.4. Toplam Saponin Tayini Sonuçları	40
4.5. Köpürme Analizi Sonuçları	45
4.6. Yığın Yoğunluğu Tayini Sonuçları.....	49
4.7. Çözünürlük Analizi Sonuçları.....	53
4.8. Renk Analizi Sonuçları.....	55
4.9. Optimizasyon	61

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

4.9.1. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozu için Optimum Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi	62
4.9.2. Paşa (Sultan) Lokumu Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozu için Optimum Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi	64
5. SONUÇ.....	66
KAYNAKLAR DİZİNİ	69
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Gypsophila Eriocalyx Boiss Kökünün Ekstraktından Elde Edilen Saponinin Yapısı.....	8
2.2. Püskürtmeli Kurutucunun Şematik Gösterimi.....	11
3.1. Çeşitli Boyutlarda Çöven Kökleri.....	17
3.2. Püskürtmeli Kurutma İşleminde Kullanılan Niro-Atomizör Mobile Minor Model Püskürtmeli Kurutucu.....	19
3.3. Araştırmada İzlenen Deneme Planı	20
3.4. Nem Tayininde Kullanılan Cam Şilifli Kaplar	21
3.5. Su Aktivitesi Tayininde Kullanılan Testo Electronics T350XL-454 Model Cihaz.....	22
3.6. Toplam Saponin Tayininin Bütanolle Yıkama Aşamasındaki Faz Ayrımı	23
3.7. Toplam Saponin Miktarı Tayin Yöntemi.....	24
3.8. Köpürme Analizi Öncesi ve Sonrası.....	26
3.9. Yığın Yoğunluğu Analizinde Kullanılan Düzenek.....	27
3.10. Hunter Renk Diyagramı	28
4.1. Nem Tayini İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların Dağılımı.	34
4.2. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx) Nem Değerlerinin Hava Giriş Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

4.3. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C) Nem Değerlerinin Besleme Briks Derecesi Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi	36
4.4. Su Aktivitesi İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların Dağılımı.....	38
4.5. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx), Su Aktivitesinin, Hava Giriş Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi	39
4.6. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Su Aktivitesinin Besleme Briks Derecesi ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi	40
4.7. Toplam Saponin Tayini İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların Dağılımı.....	43
4.8. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Toplam Saponin Miktarının Besleme Briks Derecesi Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.....	44
4.9. Sabit Hava Çıkış Sıcaklığında (65°C), Toplam Saponin Miktarının Besleme Briks Derecesi Ve Hava Giriş Sıcaklıklarına Göre Değişimi	44
4.10. Köpürme Analizi için Model Tarafından Hesaplanan Değerlere Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların Dağılımı.....	47
4.11. Sabit Hava Çıkış Sıcaklığında (65°C), Köpük Hacmi Değerlerinin, Besleme Briks Derecesi Ve Hava Giriş Sıcaklıklarına Göre Değişimi	48
4.12. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Köpük Hacmi Değerlerinin, Besleme Briks Derecesi Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.....	48
4.13. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx), Köpük Hacmi Değerlerinin, Hava Giriş Sıcaklığı Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

- 4.14. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozları İçin Optimum Kurutma Parametrelerini Gösteren Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri64
- 4.15. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozları İçin Optimum Kurutma Parametrelerini Gösteren Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri66

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çöven Ekstraktlarının Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarları	5
2.2. Farklı Yörelere Alınan Çöven Kökü Örneklerinde Öğütme İriliği Ve Ekstraksiyon Süresine Bağlı Olarak Saponin Miktarındaki Değişim.....	6
2.3. Lazic, (2004)'e göre Desirability Fonksiyonlarının Standart Tahminleme Skalası	16
3.1. Püskürtmeli Kurutma Deneme Planı İçin Belirlenen İşlem Parametreleri Ve Değerleri.....	29
3.2. Design-Expert 7.0 Yazılımı İle Oluşturulan Püskürtmeli Kurutma Deneme Planı	30
4.1. Model Uygunluğu ile İlgili Değerler	31
4.2. Yanıtlar İçin Lineer, Kuadratik ve İneraksiyon Terimlerinin Etkilerini Gösteren ANOVA Tablosu.....	32
4.3. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Çöven Ekstrakt Tozlarının Nem Tayini Değerleri	33
4.4. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Su Aktivitesi Değerleri.....	37
4.5. İçerdikleri Çöven Ekstrakt Miktarları Eşit Tutularak Hesaplanmış Sıvı Ve Toz Örneklerde Yapılan Saponin Tayini Sonuçları.....	41
4.6. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Saponin Tayini Sonuçları	36
4.7. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Köpürme Analizi Sonuçları	46

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM)

4.8. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Yıgın Yoğunluğu (kg/m^3) Değerleri	50
4.9. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Yıgın Yoğunluğu Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu	51
4.10. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama Yıgın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	51
4.11. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Yıgın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	52
4.12. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Yıgın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	52
4.13. Püskürtmeli Kurutma ile Elde Edilen Tozların Çözünürlük Analizi Sonuçları	53
4.14. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Çözünme Süresi Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu	54
4.15. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	54
4.16. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	54
4.17. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	55
4.18. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların L, a ve b Değerleri	56
4.19. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin L Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu	56

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM)

4.20. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.....	57
4.21. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.....	57
4.22. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.....	57
4.23. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin a Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.....	58
4.24. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	58
4.25. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	59
4.26. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	59
4.27. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin b Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.....	60
4.28. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	60
4.29. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	60
4.30. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo	61
4.31. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılmak Üzere Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozları için Optimizasyonda Kullanılan Yanıtlar ve Bunların Hedef ve Önem Dereceleri	62

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM)

- 4.32. Tahin Helvası Üretiminde Kullanılmak Amacıyla Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozlarında Desirability Fonksiyonu Yaklaşımı İle Belirlenen Optimum Nokta Çözümleri.....63
- 4.33. Paşa (Sultan) Lokumu Üretimlerinde Kullanılmak üzere Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozları için Optimizasyonda Kullanılan Yanıtlar ve Bunların Hedef ve Önem Dereceleri.....65
- 4.34. Paşa (Sultan) Lokumu Üretiminde Kullanılmak Amacıyla Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozlarında Desirability Fonksiyonu Yaklaşımı İle Belirlenen Optimum Nokta Çözümleri.....65

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
ANOVA	Varyans Analizi
a_w	Su Aktivitesi
$^{\circ}\text{Bx}$	Briks Derecesi (Değeri)
KM	Kuru Madde
X_1	Besleme Briks Derecesi ($^{\circ}\text{Bx}$)
X_2	Hava Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
X_3	Hava Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
RSM	Response Surface Methodology
R^2	Regresyon Katsayısı
R^2_{adj}	Düzeltilmiş Regresyon Katsayısı
Lack of Fit	Modelin Matematiksel Forma Uygunluğu
Pred- R^2	Tahminlenmiş Çoklu Regresyon Katsayısı
PRESS	Tahminlenmiş Hata Kareler Toplamı
CV	Değişim Katsayısı

1. GİRİŞ

Latince adı *Gypsophila* olan çöven bitkisi, Haziran ve Temmuz aylarında çiçek açan, 50-60 cm yüksekliğinde, çok dallı, basit yapraklı, çok senelik, kazık köklü, küçük çiçekli otsu bir bitkidir. Bitki köklerinin dış yüzeyleri beyaz veya sarımsı renkte olup, kolay kırılğan bir yapıdadır. Çöven bitkisi *Caryophyllales* takımından *Caryophyllaceae* ailesindedir. Ülkemizde yetişen 46 çöven türünden 5 tanesi ekonomik değere sahiptir (Baylan vd 1993; Battal, 2002).

Ülkemizde çöven bitkisi Doğu Anadolu, İç Batı Anadolu ve Orta Anadolu'da yetişmektedir.

- a. Doğu Anadolu Bölgesinde, Van gölü çevresinde *Gypsophila bicolor* türü çöven bitkisi yetişmektedir.
- b. İç Batı Anadolu Bölgesinde, Isparta, Konya, Burdur, Uşak, Elmalı çevresinde *Gypsophila arrostii* türü yetişmektedir.
- c. Orta Anadolu Bölgesinde, iki farklı *Gypsophila* türü yetişmektedir. Bunlardan biri Çorum Çankırı bölgesinde yetişen *Gypsophila eriocalyx boiss*'dir. Bir diğeri ise Niğde bölgesinde yetişen *Gypsophila perfoliata L.* türü çöven bitkisidir (Poslu, 2006).

Çöven bitkisinin köklerinin yüksek oranlarda "saponin" maddesi içerdiği bilinmektedir. Saponin Latince sabun anlamına gelen "sapo" kelimesinden türetilmiştir. Saponinler, sulu çözeltilerinde sabun benzeri kararlı köpük oluşturmaktadır ve yüzey gerilimini azaltıcı özelliğe sahiptirler. Bir glikozit grubu olan saponinler genel olarak birçok bitki türünün normal büyüme ve gelişme evresinde sentezlediği, bitkinin hayatta kalması için savunma görevini yapan ikincil metabolitlerin büyük bir ailesidir. Bitkinin büyümesi ve üremesinde rol almayan bu saponinler sahip oldukları kuvvetli antimikrobiyal aktiviteleri ile bitkiyi otçul böceklerin ve mikroorganizmaların toprak altından yaptığı saldırılardan korumakta ve bitkinin hayatta kalma şansını arttırmaktadırlar (Ceyhun, 2003).

Çoğu bitkinin, içerdikleri saponinler nedeniyle birçok alanda kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin, Fas'da yetişen ve saponin maddesi

içerdiği bilinen *Silene cucubulus* bitkisinin ekstraktı yaralanmaların ve deri enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılırken Papua Yeni Gine’de yetişen *Picrasma javanica* adlı bitkinin ekstraktı mide ağrısının giderilmesinde, iltihapların iyileştirilmesinde ve ateş düşürücü olarak kullanılmaktadır. Bunların yanında bir çöven bitkisi türü olan *Gypsophila capillaris* adlı bitkinin kuvvetli derecede antimikrobiyal, antiviral özelliği olduğu bilinmektedir (Poslu, 2006). Bazı saponinlerin de insanlarda bir taraftan kan kolesterol konsantrasyonunu düşürücü etkisi olabileceği, diğer taraftan koroner kalp hastalığı riskini azaltabileceği öne sürülmüştür (Baylan vd., 1993).

Gıda sanayinde ise çöven bitkisinin köklerinin suda uzun süreler boyunca kaynatılması ile elde edilen ekstrakt (özüt), saponin içermesi nedeni ile günümüzde yaygın olarak tahin helvası ve paşa (sultan) lokumu üretiminde kullanılmaktadır (Ceyhun, 2003).

Çöven ekstraktı, tahin helvası ve paşa (sultan) lokumunda rengi ağartmak, emülgatör görevi yaparak susam yağının helvadan ayrılmasını önlemek, kıvamı istenen düzeye getirmek, hacmi arttırmak ve böylece helvaya karakteristik özelliklerini kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır (Battal, 2002). Bu gibi özellikleri sağlamada, üretim aşamaları sırasında eklenen çöven ekstraktının içerdiği saponin maddesinin miktarı çok önemlidir. Nitekim, saponin niceliği yüksek olan ekstraktın kullanılmasıyla helvalarda acılaşıma, paşa lokumunda ise dokuda yumuşama meydana gelmektedir. Saponin niceliği düşük olan ekstraktın kullanılması sonucunda ise helvalarda hem yağ sızmasının olduğu hem de lifli yapının oluşmadığı, paşa lokumunda ise lokumun renginin istenilen yumuşaklıkta ve dokusunun da arzu edilen özellikte olmadığı bilinmektedir.

Geleneksel tahin helvası ve paşa (sultan) lokumu üreticisi, üretiminde kullanmak üzere ihtiyaç duyduğu çöven ekstraktını kendi olanakları ile elde etmektedir. Bu durumda çöven ekstraktını elde etme aşamasında çöven köklerine uyguladığı ekstraksiyon yöntemi standart değildir ve üreticiden üreticiye değişiklik göstermektedir. Bu değişiklik sebebiyle her seferinde elde edilen ekstraktlardaki saponin miktarı da farklılık göstermektedir.

Günümüzde bazı firmalar çöven kökü ekstraktını (çöven suyu) geleneksel yöntemlerle elde edip yaklaşık 20 kg – 30 kg’lık bidonlarda tahin

helvası ve lokum üreten özel sektör kuruluşlarına satmaktadırlar. Fakat bu ekstraktların dayanma süreleri kısıtlıdır. Üretici, elindeki kullanmadığı çöven ekstraktını depolamak istediğinde yaklaşık %10 - 15 kuru madde içerikli ve yüksek oranda şeker içeren bu ekstraktların kısa sürede fermente olmasını engelleyememektedir. Bu sebeple ilgili sektör depolamada ve taşımada birçok zorluk çekmektedir.

Depolamada yaşanan bu sorunun bertaraf edilmesi için çöven ekstraktını üreten firmalar ekstrakta koruyucu katkı maddesi eklenmesi yoluna gitmişlerdir. Koruyucu katkı maddeleri günümüzde gıda sektörü ile ilgili olarak kamuoyunun en çok tartıştığı konudur.

Gerçekleştirilen bu çalışmada; çöven kökü ekstraktının püskürtmeli kurutucu kullanılıp toz ürün haline getirilmesiyle dayanıklı, kolay taşınabilir yeni bir ürün elde edilmesi amaçlanmıştır. Endüstriyel kullanımda “çöven suyu” olarak da bilinen bu ekstrakt daha sonra çözülmüş ve bu ekstrakta, püskürtmeli kurutma deneme planında belirtilmiş olan briks derecelerine kadar maltodekstrin ilave edilmiştir. Maltodekstrin ilavesiyle koyulaştırılan ekstrakt, yine püskürtmeli kurutma deneme planında belirtilen hava giriş ve hava çıkış sıcaklık kombinasyonlarında kurutulmuştur. En uygun kurutma koşullarının seçilmesi aşamasında “yanıt yüzey yöntemi” kullanılmıştır.

Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmanın sonunda elde edilen çöven ekstraktı tozu, çöven ekstraktına göre daha dayanıklı, kolay kullanılabilen ve taşınabilen bir hale gelmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çöven bitkisi Anadolu’da doğal olarak yetişmekte olan bir bitkidir. Ülkemizde gıda sanayinde helva ve lokum üretiminde kullanılan çöven, *Caryophyllaceae* familyasına ait bir bitkidir. Anadolu’da doğal ortamında 46 farklı çöven bitkisi türü bulunduğu belirtilmektedir. Bu 46 farklı çöven (*Gypsophila*) türünden yalnızca 5 tür, çöven kökü ekstraktı üretiminde kullanılmaktadır (Baylan vd., 1993 ; Yurdagel vd., 1994 ; Ünsal ve Nas, 1995 ; Battal, 2002).

Çöven bitkisinden elde edilen kök ve rizomların kaynatılması sonucu elde edilen ve ana bileşeni saponin olan çöven kökü ekstraktı; tahin helvası,

koz helva ve paşa lokumu (sultan lokumu) olarak adlandırılan gıdaların üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Battal, 2002). Tahin helvası üretiminde, zamanla yağ sızmasını önlemek ve helvaya arzu edilen özelliklerini kazandırmak amacı ile ilave edilen çöven kökü ekstraktı nedeni ile helvalar saponin içermektedirler. Saponin helvada emülgatör olarak görev yapmaktadır (Baylan vd.,1993 ; Yurdagel vd., 1994).

Türk Gıda Kodeksinde “Sultan Lokumu” (Paşa lokumu) çöven ekstraktı ile ağartılan şeker şurubunun, sade lokum kitlesine karıştırılmasıyla elde edilen lokum olarak tanımlanmaktadır. Tahin helvası ise “şeker, içme suyu, sitrik asit veya tartarik asit gerektiğinde yenilebilir glikoz şurubu katıldıktan sonra pişirilerek elde edilen şeker şurubunun ağdalaştırılıp çöven ekstraktı ile beyazlaştırıldıktan sonra tekniğine uygun olarak tahin ile karıştırılıp yoğrulması ve gerektiğinde çeşitli çeşni maddelerinin ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan katı homojen ince lifli yapıdaki ürün” olarak tanımlanmaktadır (KKGM, 2004; KKGM, 2008).

Tahin helvası ve sultan lokumu üretiminde kullanılan çöven kökü ekstraktının, helvaya ve lokuma kendine özgü karakteristik özellikler kazandırmasında etkili maddenin saponin olduğu ve bunların kolloidal eriyik oluşturma özelliğine sahip, biyolojik aktif glukozitlerin bir grubu olduğu bilinmektedir (İnan, 2006).

Çöven ekstraktının elde edilmesi ile ilgili bazı araştırmalar yapılmıştır. Battal (2002) yaptığı yüksek lisans tezinde çöven ekstraktı üretimi üzerine bir araştırma yürütmüş ve öncelikle en uygun kaynatma süresini belirlemiştir. Bu amaçla çöven kökünü 1, 2, 4, 8, 16, ve 24 saat boyunca geri soğutucu altında kaynatmıştır. Daha sonrasında yapılan denemelerde kaynama sırasında ekstraktta 8. saatten sonra Briks ve saponin değerlerinde önemli bir artış olmadığını kaydetmiştir.

Bu çalışmada en uygun çöven kökü tozu büyüklüğünün ise 710-1180 µm olduğu, 8. Saatten sonra ekstraktın suda çözünür kuru madde değerinin çeşitlere bağlı olarak % 2-5,8 arasında olduğunu, saponin miktarlarının da kuru madde bazında % 6,95-16,3 olarak değiştiği belirtilmektedir (Çizelge 2.1, Çizelge 2.2).

Çizelge 2.1. Çöven Ekstraktlarının Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarları (Battal, 2002).

Çöven Çeşidi	Öğütme iriliği (µm)	Suda çözünebilir kuru madde (Briks) %		
		Ekstraksiyon süresi		
		4 saat	6 saat	8 saat
Van	0 – 500	3.8	4.2	4.8
	500 - 710	4.0	4.2	4.2
	710 – 1180	4.2	4.8	5.2
Kayseri	0 – 500	4.2	4.2	4.0
	500 - 710	4.2	4.8	5.0
	710 – 1180	4.2	4.6	5.2
Konya	0 – 500	1.4	1.4	2.0
	500 - 710	2.0	2.0	2.6
	710 – 1180	2.0	2.4	3.0
Dinar	0 – 500	4.2	4.6	4.8
	500 - 710	4.2	4.4	4.8
	710 – 1180	4.4	4.4	4.8
Denizli	0 – 500	5.2	5.2	5.8
	500 - 710	5.2	5.6	5.8
	710 - 1180	5.6	5.6	5.8

Çizelge 2.2. Farklı Yörelere Alınan Çöven Kökü Örneklerinde Öğütme İriliği Ve Ekstraksiyon Süresine Bağlı Olarak Saponin Miktarındaki Değişim (Battal, 2002).

Çöven Çeşidi	Alkolle ekstrakte edilebilir toplam saponin (%)	Öğütme iriliği (µm)	Ekstrakte Edilebilir Saponin Miktarı (%)		
			Ekstraksiyon süresi		
			4 saat	6 saat	8 saat
Van	19.58	0 – 500	3.32	8.89	10.96
		500 - 710	5.61	8.89	9.01
		710 - 1180	11.47	11.42	16.3
Kayseri	12.39	0 – 500	4.2	5.3	8.91
		500 - 710	3.57	4.00	8.22
		710 - 1180	5.07	7.33	6.95
Konya	11.58	0 – 500	2.39	2.51	2.54
		500 - 710	2.51	1.77	2.68
		710 - 1180	0.78	2.25	0.99
Dinar	12.65	0 – 500	6.54	8.58	8.7
		500 - 710	7.39	7.71	8.36
		710 - 1180	9.67	9.48	9.08
Denizli	14.44	0 – 500	2.85	3.02	4.07
		500 - 710	3.72	5.84	6.8
		710 - 1180	3.72	8.35	10.48

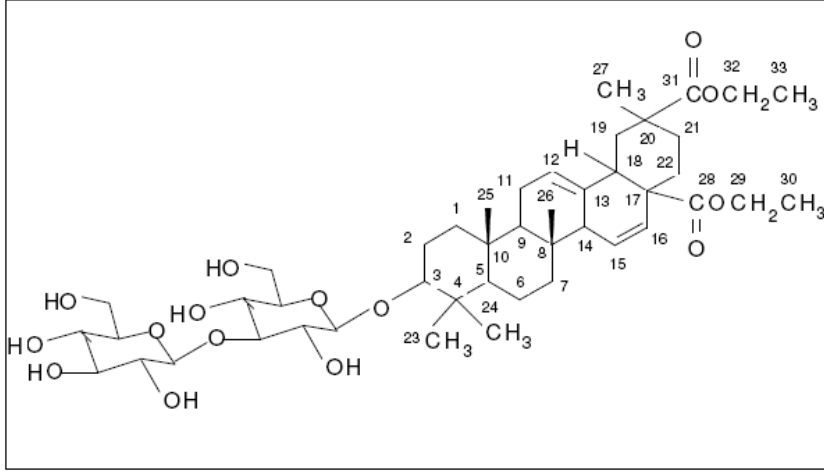
Yurdagel vd. (1994) çöven köklerinde yapmış oldukları araştırma için kuru kökleri çekiçli değirmende toz haline getirilmişlerdir. Özütleme için iri kırım yapılmış 5 kg çöven kökü 1:2 oranında su ile 22 saat kaynatılarak son özütlemeye kuru madde refraktometrede % 1'in altına düşüncü özütlemeye son vermişlerdir. Bir örneğe ait üç özüt sıvısı bir kaptan toplanmış ve 450-500 mm-Hg laboratuvar tipi evaporatörde kuru madde % 25'e kadar koyulaştırılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada çöven kökü özütünün eldesi ve bileşimi üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla 1. Kalite Van, 1. Kalite ince Van ve 2. Kalite Niğde olmak üzere üç ayrı çöven kökü üzerinde araştırma yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda helvada yağ-şeker emülsiyonu sağlayan ve ağdayı ağartan çöven suyunun her işletmede farklı bome derecesinde saponin niceliği dikkate alınmadan kullanılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda ülkenin farklı iki yöresinden elde edilen çöven bitkisi köklerinin saponin içeriği farklı olduğu için helva ağdasına

katılan çöven kökü ekstraktındaki saponin miktarının dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Son olarak da Van örneklerinin çöven kökü ekstraktları için 1.2g/100g gibi bir değer ile saponin niceliği bakımından en zengin olduğunu belirtmişlerdir.

Yine Baylan vd., (1993) yaptıkları çalışmada 30 kg kadar çöven kökünü üzerini örtecek kadar su ile doldurup 4-5 kez kaynatmışlar ve bundan 50 L kadar çöven kökü ekstraktı elde etmişlerdir. İşlemin yaklaşık 20 saat sürdüğünü belirten araştırmacı, bu yöntemle elde edilen ekstraktın 0,5 litresinin 100 kg şeker için yeterli olduğunu söylemektedir. Araştırmacılar gerçekleştirdikleri bu çalışmada tahin helvalarında saponin içeriğini araştırmışlardır. Saponinin, çöven köklerinde %2,81-4,17 arasında, helva üretiminde kullanılan çöven kökü ekstraktında ise %0,56-1,62 (119-266mg/kg) sınırları arasında değiştiği saptanmıştır. Yapılan bu araştırmada günümüzde saponin miktarı tayini için İnce Tabaka Kromatografisi (TLC) ve Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC) gibi yöntemlerin kullanıldığını belirtmişler fakat saponin miktarı tayini için gravimetrik ve TLC yöntemlerini kullanmışlardır.

Araştırmacılar, farklı ekstraksiyon (özütleme) yöntemleri denemelerine karşın, Gıda Kodeksi Tahin helvası tebliğinde (Tebliğ no: 2008/6) Çöven ekstraktı; çöven kökünün (*Radix saponariae Albae sive L.*) küçük parçalar haline getirilip, su ile kaynatılmasıyla elde edilen ürünü olarak tanımlanmaktadır. Diğer taraftan Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nin TS8444 (Lokum Standardı) ve TS2590'da (Tahin Helvası Standardı) daha ayrıntılı olarak "Çöven Özütü" için şu tanımlama yapılmaktadır: "Çöven kökünün (*Radix saponariae Albae sive liventinae*) küçük parçalar haline getirilip, 4-5 kez su ile kaynatılıp, (10 kg çöven parçacığına 50 kg su) suyun bir kısmının (hacminin 1/4'i) buharlaştırılması ile elde edilen bir üründür." (KKGM, 2004 ; TSE 2006a; KKGM, 2008; TSE 2006b)

Poslu (2006), tamamlamış olduğu yüksek lisans tezinde çöven (*Gypsophila eriocalyx boiss*) kökünden ekstraksiyon sonucu elde edilen saponinin kimyasal, antibakteriyel ve antifungal özelliklerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda tahminlenen saponin yapısının Şekil 2.1'deki gibi olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.1. *Gypsophila Eriocalyx Boiss* Kökünün Ekstraktından Elde Edilen Saponinin Yapısı (Poslu, 2006).

Çöven ekstraktı, içerisinde barındırdığı saponin maddesinin emülgatör, ağdayı ağartıcı, helva hacmini artırıcı ve konsistens geliştirici etkileri nedeniyle tahin helvası üretiminde önemli bir katkı maddesidir. Bunun yanı sıra çöven ekstraktı Güney Doğu'da dondurma üretiminde kullanılmaktadır (Baylan vd., 1993 ; Yurdagel vd., 1994).

Yine Baylan vd., (1993) yaptıkları çalışmada saponinin, helva üretiminde kullanılan çöven kökü ekstraktında kuru temelde % 0,56-1,62 (119-266mg/kg) sınırları arasında değiştiğini saptamışlardır. Yapılan bu araştırmada günümüzde saponin miktarı tayini için İnce Tabaka Kromatografisi (Thin Layer Chromatography - TLC) ve Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (High Performance Liquid Chromatography - HPLC) gibi yöntemlerin kullanıldığını belirtmişler fakat saponin miktarı tayini için gravimetrik ve TLC yöntemlerini kullanmışlardır.

Ceyhun (2003) tarafından yapılan başka bir çalışmada da Türk Tahin Helvalarındaki Saponin Miktarı HPLC ile tayin edilmiştir. Bu amaçla C18 (250 x 4.6 mm, ID) Nucleosil Macherey-Nagel kolonu ve photodiodide array dedektörüne sahip HPLC cihazı 1,5mL/dk akış hızında kullanılmıştır. Helvalarda saponinin yanı sıra diğer bileşenlerin de analiz edildiği bu çalışmada helvalarda nemin% 1.22-2.6, yağ miktarının % 27.5-35.2, protein miktarının % 9.23-15.12, kül miktarının % 1.4-1.87, toplam şeker miktarının % 39.71-48.5, briksin % 49-57 ve toplam saponin miktarının 32-172mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir.

Baran ve Fenercioğlu (1991) meyankökü ekstraktlarını dayanıklı hale getirmeye yönelik araştırmalarında farklı meyan kökü örneklerini öncelikle santrifüj seperatörden geçirmiş daha sonra da elde edilen ekstrakt ön ısıtma ve deareasyon işleminden geçirmiş ve su banyosuna 70, 80, 90, ve 100°C lerce 5, 10, 15 dk sürelerde ısıtma işlemine tabi tutmuşlardır. Ancak hiçbir örnek 3 haftadan daha uzun dayanıklılık gösterememiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre bir kök ekstraktının (özütün) ısıtma işlemi ile dayanıklılığının artırılması mümkün olmamıştır.

Uslu vd. (2004) çöven suyu ve farklı oranlarda nişasta katılarak üretilen lokumların yapısal ve duyuşsal özellikleri üzerine araştırma yapmışlardır. Bu amaçla 2500g şeker, 180ml su, 3,73g sitrik asit ve kuru maddenin % 8-12-20'si oluşturulacak şekilde nişasta kullanılarak lokum üretmişlerdir. Ayrıca hazırlanan % 12 nişastalı lokuma pişirme işlemi bitirilmeden önce 270g çöven suyu ilave edilerek lokum hazırlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre eklenen nişasta miktarı ile lokumların tekstürel değerlerinin önemli bir şekilde etkilendiğı, çöven suyu ilavesi ile de lokumun sertlik, sıkıştırılabilirlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir.

Çelik vd. (2007) çöven kökü ekstraktının farklı bir kullanım alanıyla ilgili çalışmada süngerimsi keklerde kullanılan yumurta beyazı proteinlerinin büyük miktarda (% 75'e kadar) çöven ekstraktı ile değiştirilebildiğini, kek hamurunun reolojik özelliklerinde istatistiksel açıdan bir değişme olmadığını, son ürünün lezzet özelliklerinin değişmediğı gibi çiğneme özelliklerinde iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışma, süngerimsi keklerde çöven kökü ekstraktlarının belirli oranda kullanılabildiğini göstermektedir.

Lokum ve tahin helvası yapımında kullanılan çöven kökü ekstraktından gelen saponin maddesinin miktarına yasal düzenlemeler ile sınırlama getirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğı Yönetmeliğı'nin 2004/24 nolu Lokum Tebliğı ve 2008/6 nolu Tahin Helvası tebliğinde saponin miktarının son üründe kütlece en fazla % 0,1 olması gerektiğı belirtilmiştir.

Kurutma, insanlığın gıdaları korumak için uyguladığı en eski işlemlerden birisidir. Yerleşik hayata geçen ilk insanlar mısır, elma dilimleri, üzüm ve et gibi gıdaları kurutma yoluna gitmişlerdir. Diğer gıda koruma metotlarına göre kurutma oldukça basittir. Gıdaların kurutulmasındaki amaç, gıdalardaki suyun uzaklaştırılarak, gıdaların bozulmasına sebep olan

mikroorganizmaların burada yaşayıp üremesini engellemektir (Akbaba, 1990).

Kurutma işlemi için kullanılacak yöntem kurutulacak ürüne göre değişiklik göstermektedir. Günümüzde gıda sanayisinde birçok farklı kurutma yöntemi kullanılsa toz ürün eldesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi püskürtme ile kurutma yöntemidir (Akbaba, 1990).

Püskürtmeli kurutma yöntemi süt, peynir altı suyu, yoğurt, dondurma karışımları, bebek mamaları, yumurta, kahve, çay, meyve ve sebze suları, yenilebilir proteinler gibi birçok gıda maddesinin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk defa süt tozu eldesi için uygulanmış olan bu yöntem, atomize edilebilir yapıdaki ürünlere, yani sıvı veya viskozitesi düşük ezme ve püre halindeki ürünlere uygulanabilmektedir. Püskürtmeli kurutucular, ürünün ince damlacıkları haline getirildiği sistem (atomizer), sıcak hava üretim düzeni, sıcak hava ile atomize edilmiş olan ürünün karşılaştırıldığı kurutma hücresi ve nihayet kurumuş tozun toplanıp kurutucudan alındığı düzen (kolektör), olmak üzere başlıca dört kısımdan oluşurlar. Püskürtmeli kurutucularda işlem sürekli ve kolay ilerler. İşlem otomatik kontrol mekanizmaları ile kolaylıkla yürütülebilir. Ürünün kalitesi işlem boyunca değişmez. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı materyallerin kurutulmasına, aseptik ve hijyenik kurutma koşullarına uygundur. Püskürtmeli kurutmada ilke, kurutulacak ürünün atomize edilmesi ile son derece geniş bir yüzey kazandırılması ve böylece sıcak hava içinde hızlı bir kuruma sağlanmasıdır. Damlacıklardan suyun buharlaşması o kadar hızlıdır ki, 110-200°C'ye kadar yüksek sıcaklıkta hava kullanılmasına karşın, kuruyan ürünün sıcaklığı 50-70°C dolaylarında bulunur yani, ıslak termometre derecesinin oldukça altında kalır. Kuruma çoğunlukla 3-10 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşir (Akbaba, 1990 ; Cemeroğlu, 2004 ; Üçüncü, 2005 ; Pazır, 2008 ; Koç, 2008 ; Koç, 2009).

yapı verir. Bebek mamalarında aroma taşıyıcı ve çiğnenebilirlik sağlama, içeceklerde dolgunluk sağlama, instant gıdalarda taşıyıcı, unlu mamüllerde sakkarit içeriğinden dolayı kullanılır. Bunların yanı sıra püskürtmeli kurutma işleminde taşıyıcı olarak da kullanıldığı belirtilmektedir (Dokic et al, 2004 ; Anonymous, 2008a).

Maltodekstrin, bakteriyel alfa amilaz gibi enzimlerin yer aldığı kontrollü nişasta hidrolizi sırasında elde edilen nişasta ile glukoz arasında bir ara ürün olup, arzu edilen 4-30 arası dekstroz eşitliğine (DE) sahip olması için ilave konverziyon işlemlerine uğratılmaktadır. (Anonymous, 2008b).

Cai and Corke (2000), amarantus betasiyanin pigment ekstraktlarını maltodekstrinler (10-25 dekstroz eşitliğinde DE) ve nişasta taşıyıcıları (doğal/modifiye) ile 5 farklı hava giriş sıcaklığında ve 4 farklı besleme katı madde oranında püskürtmeli kurutucuda kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Nişasta veya maltodekstrin kullanılarak yapılan kurutma işleminin sonunda betasiyanin pigmentlerinin hidroskopik özelliklerinde çok büyük miktarda düşme ve buna bağlı olarak depolama özelliklerinde büyük oranda artış tespit etmişlerdir. 10 ve 25 DE değerindeki maltodekstrinlerin karışım şeklinde uygulanması (1:3) durumunda en düşük hidroskopide en yüksek pigment değerine ulaşmışlardır. Yine de sadece en düşük hidroskopik özellikler düşünüldüğünde DE 10 maltodekstrin en iyi sonucu vermiştir. Denemeler sonucunda en uygun besleme katı madde oranının % 20 - % 40 arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Chopda and Barrett (2001), yaptıkları çalışmada guava suyu konsantrisinin püskürtmeli kurutmasını denemişlerdir. Bu çalışmada üç farklı maltodekstrin (Maltrin 100, Maltrin 500, Maltrin 580) kaplama maddesi olarak ilave edilmiş ve püskürtmeli kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda farklı maltodekstrin ürünlerinin kuruma üzerine önemli bir farklılığı olmadığını fakat M-100 kaplama maddesinin daha ince yapılı olmasından ötürü elde edilen tozun daha fazla çözünebilir katı madde içerdiğini ve tozu termal etkilere karşı daha iyi koruduğunu saptamışlardır.

Altan ve Maskan (2004), yaptıkları bir çalışmada, İç Anadolu ve Karadeniz bölgesinde yetişen gilaboru meyvesinden içecek tozu elde edilmesi üzerine çalışmışlardır. Sıkılarak elde edilen gilaboru suyundan püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemleriyle hazır içecek tozu elde edilmiştir.

Püskürtmeli kurutucuda farklı sıcaklık (100-140°C), meyve suyu konsantrasyonu (7.5-17°Brix) ve yapışkanlığı önlemek için farklı maltodekstrin (kuru madde bazında % 25 - 65) miktarları denenmiştir. Püskürtmeli kurutucu için en uygun çalışma koşullarının 120°C ve 7.5°Brix olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen ürün yapışkan olduğu halde, püskürtmeli kurutucudan elde edilen ürünün yapışkanlık özelliğinin önemli derecede azaldığı gözlenmiştir. Elde edilen ürünün renk değerleri (Hunter L, a, b) HunterLab ColorFlex cihazı ile ölçülerek dondurarak kurutma yöntemiyle karşılaştırıldığında püskürtmeli kurutucudan elde edilen üründeki renk kaybı ve sudaki çözünürlüğünün daha fazla olduğu görülmüştür.

Karahavuç antosiyanin ekstraktının püskürtmeli kurutucu ile mikroenkapsülasyonu ile ilgili bir doktora tezinde gerçekleştirilen püskürtmeli kurutma işleminde farklı kaplama maddelerinin (Maltodekstrin MDX 29, DE = % 28-31; Glucodry 210, DE = % 20-23; Stardi 10, DE = % 10) etkinlikleri araştırılmıştır. Araştırmada kaplama maddeleri 3 farklı giriş sıcaklığında (160°C, 180°C, 200°C) denenmiş ve her kaplama maddesi için en yüksek antosiyanin konsantrasyonuna göre optimum sıcaklık bulunmuştur. Daha sonra her kaplama maddesini optimum sıcaklıklarında tekrar karşılaştırılmış ve hangi kaplama maddesinin daha uygun olduğunu tespit edilmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre Maltodekstrin Glucodry 210 kaplama maddesi ve 160°C hava giriş sıcaklığı ile örneklerdeki antosiyanin miktarı bakımından en iyi sonucu elde etmiştir. Bunun yanında hava çıkış sıcaklıklarının, hava giriş sıcaklığı ve besleme debisi ile doğrudan etkileşim halinde bulunduğunu, ayrıca örnek giriş sıcaklığının, hava giriş sıcaklığının ve besleme debisi değerlerinin değiştirilmesiyle hava çıkış sıcaklığının da değiştiğini belirtmiştir (Ersus, 2004).

Chegini and Ghobadian (2005), püskürtmeli kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin kalitesinin kurutma parametrelerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Portakal suyu ile çalışan araştırmacılar araştırmalarının sonunda iki farklı parametrenin ürün kalitesine etkisini belirlemişlerdir. Bunlardan birincisi olan besleme debisinin artmasıyla yığın yoğunluğu, partikül büyüklüğü ve nem miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Diğer bir parametre olarak belirledikleri giriş hava sıcaklığının artmasıyla partikül büyüklüğünün azaldığını, yığın yoğunluğu ve nem miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Koç (2008), yoğurt tozu eldesi ile ilgili yaptığı çalışmada % 12-14 KM içeren yoğurdu püskürtmeli kurutma işlem koşullarından hava giriş sıcaklığını 150–180°C, hava çıkış sıcaklığı 60-90°C aralığında olacak şekilde denemiştir. Gerçekleştirdiği denemeler sonucunda elde ettiği verilere göre optimum çalışma koşullarını hava giriş sıcaklığı 171°C, hava çıkış sıcaklığı 60,5°C olarak belirlemiştir.

Koç (2009) gerçekleştirdiği yüksek lisans tezi kapsamında pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarını belirlenmesini ve mikroenkapsülasyonunu çalışmıştır. Bu amaçla “yüzey yanıt yöntemi”ni kullanan araştırmacı gerçekleştireceği püskürtmeli kurutma işlemi için kurutma parametreleri olarak hava giriş sıcaklığını (165-195°C), hava çıkış sıcaklığını (60-80°C) ve atomizasyon basıncını (196-392 kPa) bağımsız değişkenler olarak belirlemiştir. Araştırmasında bağımlı değişkenler olarak da emülsiyon stabilitesi, jel tekstürü, köpük stabilitesi ve renk değişimini seçmiştir. Sonuçlarını “desirability fonksiyonu” ile değerlendiren araştırmacı optimum kurutma koşullarını hava giriş sıcaklığı için 171,8 °C, hava çıkış sıcaklığı için 72,5 °C ve atomizasyon basıncı için de 392kpa olarak belirlemiştir. Araştırmacı optimum işlem koşullarını belirlemesinin ardından %10 jelatin, %10 laktoz ve %5 jelatin + %5 laktoz kaplama materyallerini pastörize yumurtada denemiştir. Elde ettiği verilere göre nem içeriği, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu değerlerinde en yüksek değerleri laktoz ile mikroenkapsüle edilmiş yumurta tozunun içerdiğini saptanmıştır. Bunun yanında en yüksek köpük stabilitesi değerinin de jelatin ile mikroenkapsüle edilmiş olan yumurta tozunda olduğunu bulgulamıştır.

Çalışmalardan da görüldüğü üzere püskürtmeli kurutma işleminde ürün kalitesini belirleyen etmenlerin başında giriş hava sıcaklığı, hava çıkış sıcaklığı ve buna bağlı olarak da ürün besleme debisi ve ürün besleme briksi gelmektedir.

Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology - RSM), Box ve Wilson tarafından 1951 yılında kimya endüstrisinde üretim işlemlerinin geliştirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Burada amaç, kimyasal reaksiyonların istenilen şekilde optimize edilebilmesiydi. Buna örnek olarak, düşük maliyette yüksek saflıkta ve yüksek miktarda üretim yapmak gösterilebilmektedir (Dean and Voss, 1999). RSM'nin başlıca kısımları, denemelerin dizayn edilmesi,

model geliştirilmesi (regresyon analizi), varyans analizi (ANOVA) ve optimizasyon oluşturmaktadır (Demirdöven, 2009).

Çoğu RSM çalışmalarında, bağımsız değişkenler ve yanıtlar arasındaki ilişki önceden tahmin edilememektedir. Bu sebeple RSM, yanıtlar ile bağımsız değişkenler arasındaki doğru fonksiyonel ilişki için bir yaklaşım geliştirmektedir. Eğer cevaplar bir lineer fonksiyon ile iyi modellenilebilirse o zaman yaklaşım fonksiyonu Eşitlik 2.1’de görüldüğü gibi birinci dereceden bir modeldir (Montgomery, 2001).

Eşitlik 2.1. Lineer Yaklaşım Modeli (Montgomery, 2001).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

Eğer sistemde bir eğrilik söz konusu ise, ikinci dereceden polinomial model yani Eşitlik 2.2’de görüldüğü gibi daha yüksek dereceli bir model söz konusudur (Montgomery, 2001).

Eşitlik 2.2. Polinomial Yaklaşım Modeli (Montgomery, 2001).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=0}^k \beta_i x_i + \sum_{i=0}^k \beta_{ij} x_i^2 + \sum_{i<j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon$$

Hemen hemen tüm RSM problemlerinde bu iki model kullanılabildiği gibi doğru fonksiyonel ilişki için polinomial model daha iyi bir yaklaşım olacaktır. Bu modelleme ile seçilmiş daha küçük bir alanda daha iyi çalışılmaktadır (Dean and Voss, 1999 ; Montgomery, 2001).

Yanıt Yüzey Metodunda, regresyon modeli, dizayn edilmiş denemelerden elde edilen verilere uygun olmalıdır. Elde edilen model, sadece bir yaklaşım olduğundan, tahminlenen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerler arasındaki fark (kalıntı), sadece saf deneysel hatayı değil model formunun uygunsuzluğundan (lack of fit) kaynaklanan hatayı da içermektedir. İdeal olarak, *F*-değerinin model uygunsuzluğu için önemsiz ve regresyon modeli için önemli olması, modelin uygunluğunun test edilmesi için yeterli görülür (Eren, 2004). Ancak daha iyi bir tahminleme açısından modelin uygunluğu, “yeterli kesinlik (Adequate Precision)” istatistiği ile

yapılabilmektedir. Buna göre Adequate Precision değerinin en az “4” olması önerilmektedir (Montgomery, 2001 ; Eren, 2004; Koç, 2008; Koç, 2009).

Optimizasyon için seçilen kriterlere bağlı olarak “desirability” fonksiyonu yaklaşımı oluşturulmaktadır. “Desirability” fonksiyonları 0-1 arasında değişiklik gösteren değerler vermektedir. Yanıtların her biri için hesaplanan “desirability” değerleri, yanıtlar hedeflenen değere yaklaştıkça 1’e, uzaklaştıkça 0’a yaklaşır. Bu şekilde her yanıt için “desirability” fonksiyonları tanımlanır ve hesaplanır, daha sonra bunların geometrik ortalamaları alınarak tüm yanıtlar için toplu bir “desirability” değeri elde edilir. Lazic, (2004)’e göre desirability fonksiyonlarının standart tahminleme skalası Çizelge 2.3’deki gibidir (Koç, 2009).

Çizelge 2.3. Lazic, (2004)’e göre Desirability Fonksiyonlarının Standart Tahminleme Skalası (Koç,2009).

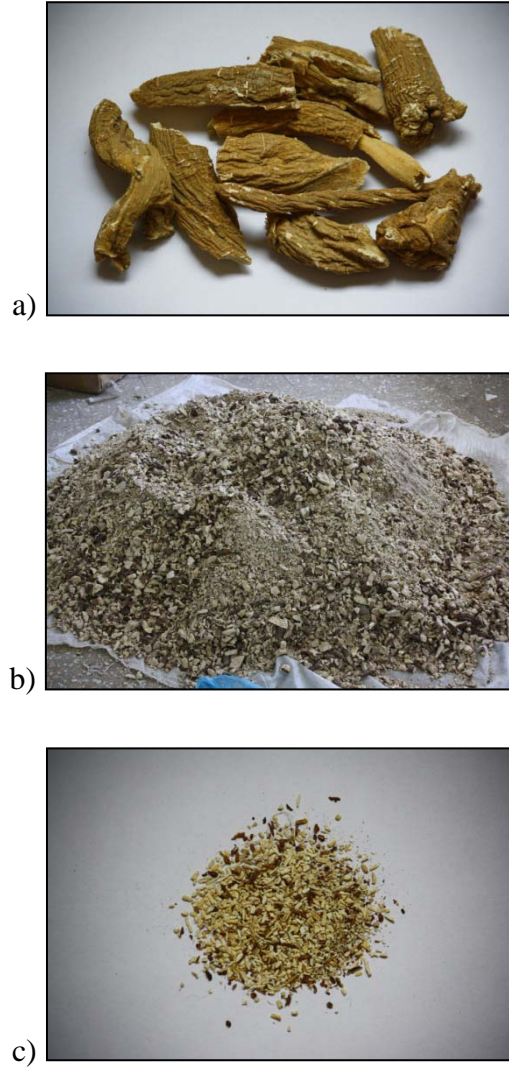
Standart Tahminleme	İstenen
1	Mükemmel
1-0,8	Çok İyi
0,8-0,63	İyi
0,63-0,37	Yeterli
0,37-0,20	Kötü
0,2-0	Çok Kötü

Yapılan literatür araştırması sonucunda, çöven kökü ekstraktının, püskürtmeli kurutma dahil diğer kurutma yöntemleri ile kurutulmasına ve işlem parametrelerinin RSM veya herhangi diğer bir metot ile optimizasyonuna dair bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılacak olan öven kökleri (*Radix saponariae Albae sive liventinae*), öven ekstraktı üretimini yapan bir ticari kuruluştan ekstraksiyona hazır halde yarı parçalanmış olarak sağlanmıştır (şekil 3.1).



şekil 3.1. Çeşitli Boyutlarda öven Kökleri. a) Kaba Parçalanmış öven Kökleri, b) Endüstriyel Ekstraksiyon Boyutunda Parçalanmış öven Kökleri, c) Araştırma Kapsamında Kullanılan Boyutta (710 - 1180 μ m) Parçalanmış öven kökleri.

Parçalanmış öven kökleri Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne getirilerek geniş ve iyi havalandırılan bir alanda karıştırılmış ve

homojen hale getirilmiştir. Daha sonra, ekstraksiyon işleminde kullanılacakları boyutlara (710 - 1180µm) elenen çöven kökleri, eşit porsiyonlarda bölünerek poşetlere doldurulmuş ve araştırmada kullanılmak üzere kuru, güneş ışığından uzak bir şekilde saklanmıştır (Battal, 2002).

3.2. Metot

Denemelerde uygulanan tüm işlemlerin aynı koşullarda yapılmasına özen gösterilmiştir.

3.2.1. Çöven Köklerinden Ekstrakt (Çöven Suyu) Eldesi

Hammadde olarak sağlanan çöven köklerinden ekstrakt eldesi için, Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE), "Lokum Standardı" TS8444 ve "Tahin Helvası Standardı" TS2590'da yer alan "Çöven Özütü Eldesi" başlığında belirtilen yöntem esas alınmıştır. TS8444 ve TS2590'da "Çöven Özütü", "Çöven kökünün (*Radix saponariae Albae sive liventinae*) küçük parçalar haline getirilip, 4-5 kez su ile kaynatılıp, (10 kg çöven parçacığına 50 kg su) suyun bir kısmının (hacminin 1/4'ü) buharlaştırılması ile elde edilen bir ürün" olarak tanımlanmaktadır.

Ekstraksiyon aşamasında ön denemeler yapılarak TSE'nin belirlediği yöntem ile çöven ekstraktları elde edilmiştir. Yapılması gereken kaynatmaların sayısı TSE'ye ait ilgili yöntemde tam olarak belirtilmediğinden son ekstraktın briks değeri (°Bx) 1'in altına düşene dek yani 7 kez ekstraksiyonlar tekrarlanmıştır.

Son olarak, farklı aşamalarda elde edilen bu ekstraktlar büyük bir kazanda bir araya getirilerek, 10°Bx'e kadar kaynatılmak suretiyle konsantre edilmiştir. Ekstraktlar oda sıcaklığına soğutulularak 1,5Lt lik temiz pet şişelere eşit miktarlarla doldurulup -25°C'de, püskürtmeli kurutma denemelerinde kullanılacakları güne kadar, depolanmışlardır.

3.2.2. Püskürtmeli Kurutucu

Püskürtmeli kurutma işleminde Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde bulunan Niro-Atomizör Mobile Minor (Kopenhag, Danimarka) püskürtmeli kurutucu kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Püskürtmeli Kurutma İşleminde Kullanılan Niro-Atomizör Mobile Minor Model Püskürtmeli Kurutucu.

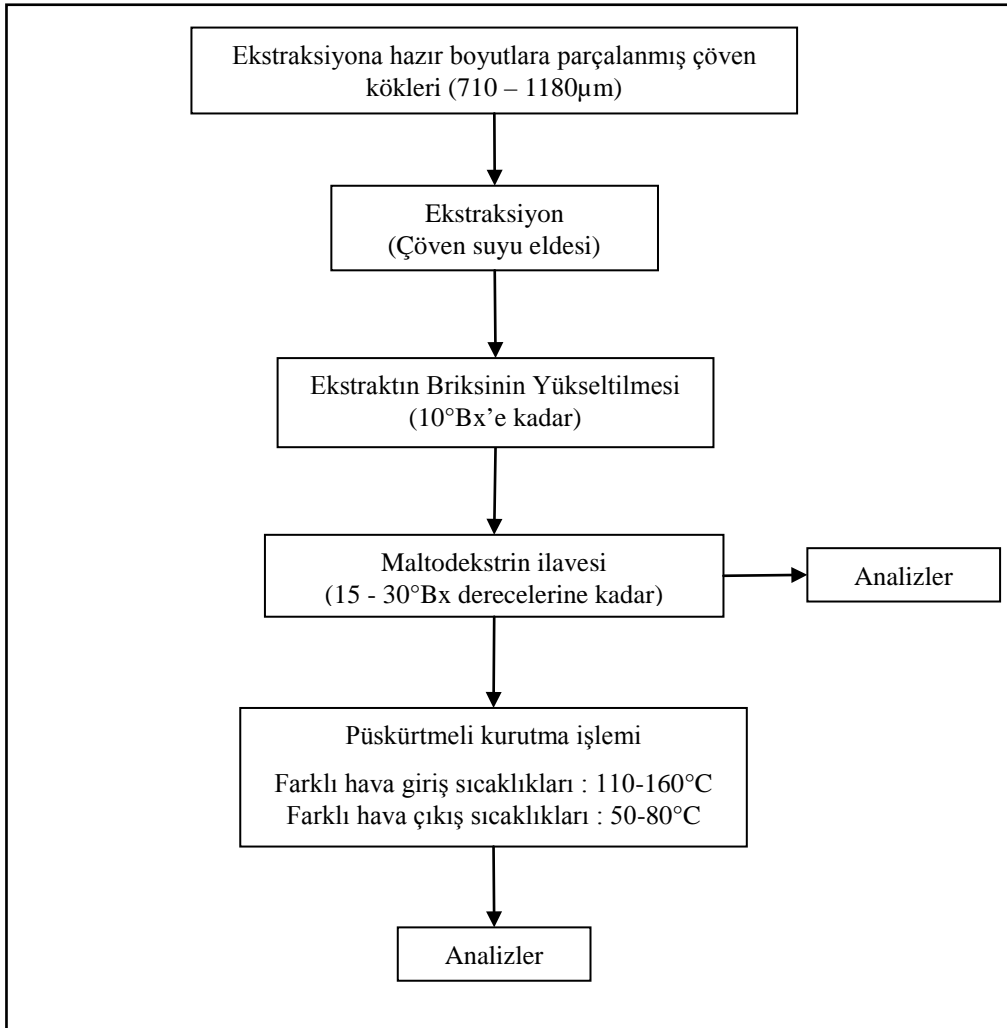
Püskürtmeli kurutucu, atomizör, kurutma kabini (hücresi), siklon seperatör, kontrol paneli ve ünitelerin birbiri arasındaki bağlantıyı sağlayan paslanmaz çelik borulardan oluşmaktadır. Kurutucunun sahip olduğu fanın devir daim kapasitesi 80kg/h havadır. Bu hava emiş fanı kurutucunun çıkış konumunda bulunmaktadır. Fanın buradan emdiği hava kurutucunun hava giriş ünitesinden içeri girer ve kontrol panelinden ayarlanabilen ısıtıcılarla ısıtılır (100-400°C). Daha sonra bu hava kurutma kabinine gelerek atomizörden püskürmekte olan sıvı ile karşılaşır. 0,87m çaplı kurutma haznesinde atomizörden püsküren sıvı, bu sıcak hava vasıtasıyla ani kurumaya maruz kalır. Elde edilen toz yine kontrol panelinden okunabilen (0-150°C) ve sıvı besleme debisinin değiştirilmesiyle ayarlanan hava çıkış sıcaklığında kurutma kabini terk ederek siklon seperatöre gelir. Siklon seperatörde nemli hava ile toz birbirinden ağırlık farkıyla ayrılır ve toz, siklon seperatörün altına monte edilen kolektörde toplanır. Nemli hava ise sistemden dışarı atılır.

Püskürtmeli kuruma işleminde optimizasyonda değiştirilecek parametrelerden olmayan atomizer hava basıncı 3kp/cm² basınçta sabit tutulmuştur. Kullanılan bu kurutucunun değiştirilemeyen parametresi olan sıcak hava akış hızı 1,54m³/dk olarak ölçülmüştür.

3.2.3. Çöven Kökü Ekstraktının Püskürtmeli Kurutucuda Kurutulması

-25°C'deki depodan alınan 10°Bx çöven ekstraktları püskürtmeli kurutucuda kurutma işleminden bir gece önce çözünmesi için +4°C sıcaklıktaki soğuk hava deposunda konulmuştur. Sıvı hale geçen bu 10°Bx ekstrakta, kurutma işlemi öncesinde maltodekstrin (DE=10-12), deneme planında (Şekil 3.3) belirlenen besleme Briks değerlerine (15 - 30°Bx) ulaşılan kadar ilave edilmiştir.

Maltodekstrin ilave edilerek hazırlanan örnekler püskürtmeli kurutucuda deneme planında (Şekil 3.3) belirlendiği üzere farklı hava girişi (110-160°C) ve çıkış sıcaklıklarında (50-80°C) kurutulmuşlardır. Bu alt ve üst sınırlar gerçekleştirilmiş olan literatür taramasına göre seçilmişlerdir.



Şekil 3.3. Araştırmada İzlenen Deneme Planı.

Her denemede, elde edilen toz ürün hızla hava geçirmeyen kapaklı kavanozlara doldurulup kodlanarak -25°C sıcaklıkta analizler yapılmaya dek depolanmıştır.

3.2.4. Analiz Yöntemleri

3.2.4.1. Nem Tayini

Toz ve sıvı örneklerin nem tayini AOAC'de yer alan 934.06 no'lu metoda göre vakumlu etüv kullanılarak yapılmıştır. Örnekler sabit tartıma gelinceye kadar vakumlu etüvde 65°C 'de kurutulmuşlar ve daha sonra 0,0001g hassasiyetteki analitik terazi kullanılarak tartılmışlardır. Analizin hassasiyeti sebebiyle tozlarda gerçekleştirilen nem tayinlerinde Şekil 3.4'de görülen cam şilifli nem tayin kapları kullanılmıştır (Anonymous, 1995 ; Cemeroglu, 2007).



Şekil 3.4. Nem Tayininde Kullanılan Cam Şilifli Kaplar.

3.2.4.2. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini

Suda çözünür kuru madde tayini için ATAGO 1T (Japonya) marka dijital refraktometre kullanılarak sabit sıcaklıkta doğrudan okuma yapılmıştır (Cemeroglu, 2007).

3.2.4.3. Su Aktivitesi Tayini

Püskürtülerek kurutulmuş çöven kökü ekstraktı tozu örneklerinin su aktivitesi, yüksek hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı Testo – AG 350XL kullanılarak belirlenmiştir. Denemeler ortam sıcaklığında ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) gerçekleştirilmiştir. Belirli miktarda örnek, sistemin ölçüm haznesine hızlıca konulduktan sonra cihaz programlanarak 5'er dakika aralıklarla su aktivitesi değerini ölçüp kaydetmesi sağlanmıştır. Alınan değerler incelenerek altı ölçüm boyunca (30dk) sabit değer görüldüğü kısımdaki değer örneğin su aktivitesi değeri olarak kabul edilmiştir (Testo Electronics, 1999) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Su Aktivitesi Tayininde Kullanılan Testo Electronics T350XL-454 Model Cihaz.

3.2.4.4. Toplam Saponin Miktarı Tayini

Toplam saponin miktarı tayini Battal (2002)'in çalışmasında belirtildiği gibi gravimetrik olarak yapılmıştır.

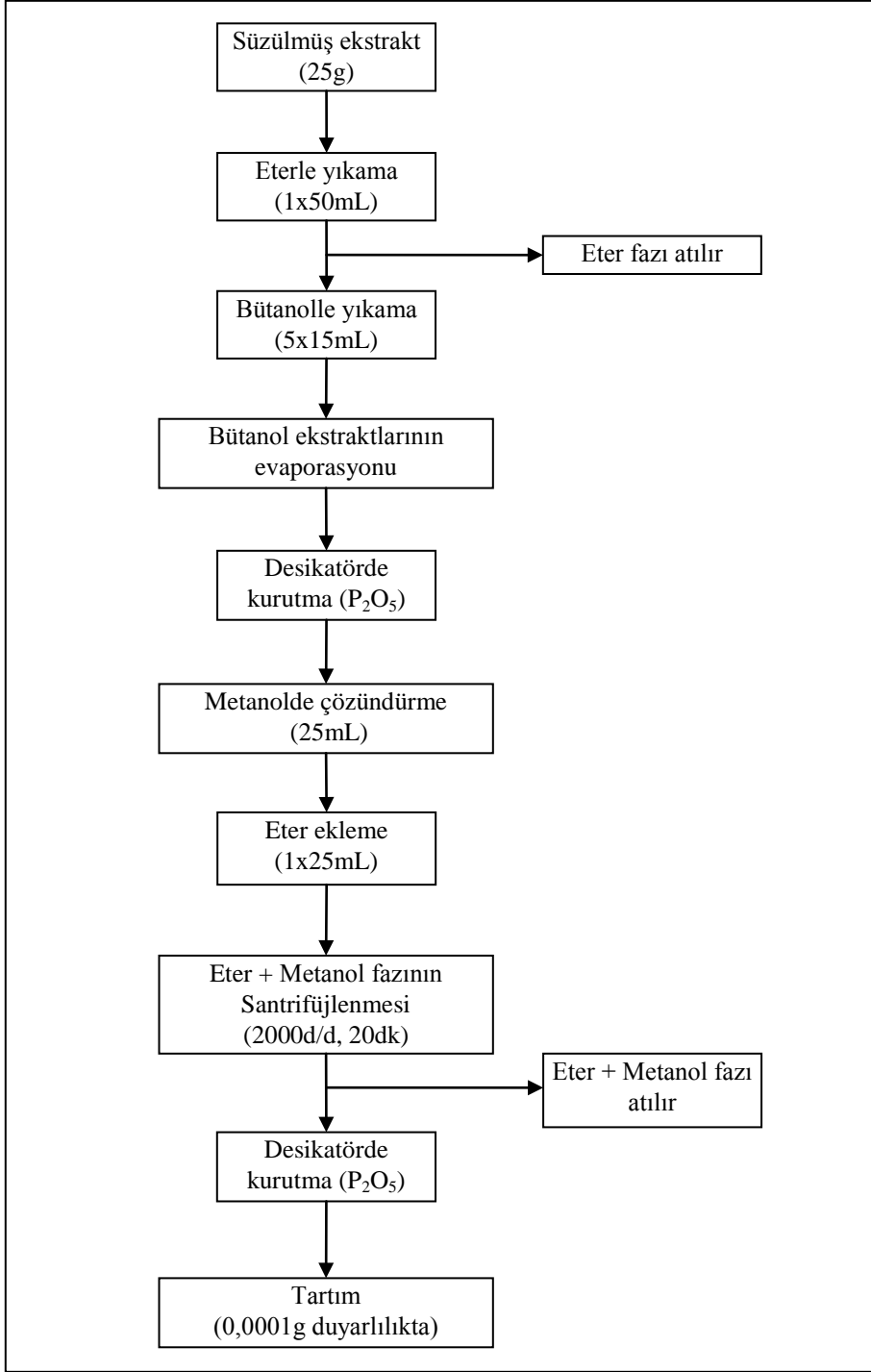
Battal (2002), çalışmasında gravimetrik olarak uyguladığı saponin tayinini nispeten düşük briks derecelerindeki ($2-5^{\circ}\text{Bx}$) çöven ekstraktlarında gerçekleştirmiştir. Çalışmamızda Toplam Saponin Miktarı Tayini yapılacak olan örneklerin briks dereceleri $15 - 22,5 - 30^{\circ}\text{Bx}$ olarak değişiklik göstermektedir. Bu sebeple örnek hazırlama sırasında analizin ileriki aşamalarındaki olası hataların bertaraf edilmesi için örnek miktarı 100g yerine 25g olarak alınmıştır.

Buna göre; öncelikle ekstraktlarda yapılan saponin tayinleri için ilgili ekstrakt kaba filtre kağıdından süzölmüş örnekler alınıp Battal (2002)'da belirtilen saflaştırma yöntemi (Şekil 3.7) uygulanmış ve sonunda elde edilen ham saponin tartılmıştır.

Tozlarda gerçekleştirilen saponin tayininde ise toz halindeki çöven ekstraktı kurutma öncesindeki Briks derecesine kadar deiyonize suda çözülmüştür. Bu aşamada ne kadar tozun ne kadar suda çözüleceği hesaplanırken ilgili toz örneğin nem tayini sonuçları göz önünde bulundurulmuştur. Bundan sonra, toz örneğin suda çözümlenmesiyle elde edilen ekstrakttan 25g örnek alınıp saflaştırma işlemlerine geçilmiştir. Tozlarda da sıvı örneklerde de analiz her örnek için üç kez tekrarlanmıştır. Toplam saponin tayininde kullanılan saponin tayini Şekil 3.7'de verildiği gibidir. Bütanolle yıkama aşamasındaki faz ayrımı Şekil 3.6'da görölmektedir..



Şekil 3.6. Toplam Saponin Tayininin Bütanolle Yıkama Aşamasındaki Faz Ayrımı.



Şekil 3.7. Toplam Saponin Miktarı Tayin Yöntemi.

Toplam saponin değerleri kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Bu aşamada 15, 22,5 ve 30°Bx’li çöven ekstraktlarından ve bunlardan elde edilen tozlardan belirli miktarda tartıldığında, artan briks değerlerinde oranca daha az çöven ekstraktı bulunmaktadır. Bu sebeple her örnekte, briks derecelerine göre ne kadar çöven ekstraktı içerdikleri oransal olarak kuru madde denkliği

ile hesaplanmış ve sonuçlar bu oranlar ile çarpılarak hesaplamada yaşanabilecek herhangi bir hata bertaraf edilmiştir.

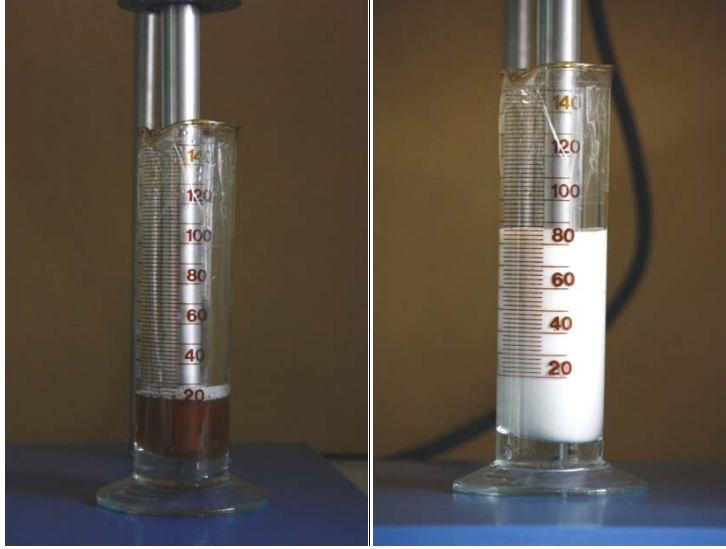
3.2.4.5. Köpürme Analizi

Köpürme Analizi için, TSE'nin "Tekstil Yardımcı Maddelerinin Islatma, Yıkama ve Köpürme Yeteneği" konulu standardındaki (TS1473) "Köpürme Yeteneği" analizi, çöven ekstraktı ve çöven ekstrakt tozu için modifiye edilerek aşağıda açıklandığı şekilde uygulanmıştır.

Köpürme analizi öncesinde, tartılacak çöven ekstraktı miktarı 10°Bx dereceli ekstraktta 15g olarak sabitlenmiştir. Tozlarda yapılacak denemelerde toz örnekler öncelikle kurutma öncesi briks derecelerine göre deiyonize suda çözülmüşlerdir. Bu aşamada kaç gram tozun tartılıp çözülmesi gerektiği hesaplanırken, ilgili tozun nem tayini sonucu göz önünde bulundurulmuştur.

Daha sonra 15, 22,5 ve 30 briks dereceli bu çözeltiler, içerdikleri çöven suyu miktarları 15g olacak şekilde hesaplanarak farklı miktarlarda tartılmışlardır. Böylece farklı toz örneklerinin birbirleri ile köpürme özellikleri açısından karşılaştırılması sırasında, tozların içerdiği çöven ekstraktı miktarının farklı olmasından kaynaklanabilecek problem aşılmıştır.

Köpürme analizi için hazırlanmış olan farklı ağırlıktaki ekstraktlar, Ultra Turrax T25 (Alberta, USA) kullanılarak 15000dev/dk hızda 140mL'lik mezür içerisinde 5 dakika boyunca köpürtülmüşlerdir. İşlem sonunda oluşan köpük hacmi mL cinsinden kaydedilmiştir (Şekil 3.8).



a)

b)

Şekil 3.8. Köpürme Analizi Öncesi ve Sonrası a) Köpürme Analizi Öncesi Sıvı Ekstrakt, a) 5dakikalık Karıştırma Sonunda Elde Edilen Köpük.

3.2.4.6. Yığın (Kitle) Yoğunluğu Tayini

Yığın (Kitle) yoğunluğu tayini, Akbaba (1990) ; Chegini and Ghobadian (2005) yöntemleri modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir.

İlgili yöntemlerde yığın yoğunluğu tayini, 20g toz ürünün dereceli silindire (mezür) tartılarak konulması ve bunun 15cm yükseklikten 10 defa yumuşak bir yüzeye düşürülerek toz yüksekliğinin okunması şeklindedir. Yapılan ön denemelerle, çalışmamızda elde edilen çöven ekstraktı tozlarının 10 düşürme sonucunda tam olarak mezür içerisinde sıkışmadığı, düşürmelerin devam etmesi ile toz yüksekliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple toz örneklerin her birinde, düşürmeler toz yüksekliği değişmeyene kadar devam ettirilmiş, her 10 düşürmede bir yükseklik ölçümü yapılmıştır. Buna göre toz örneklerin konulduğu mezürün 120 kez düşürülmesinden sonra örneğin tam olarak sıkıştığı belirlenmiştir.

Yapılan yığın yoğunluğu tayini için, ön denemeler ışığında yöntem modifiye edilerek düşürme sayısı 10'dan 120'ye çıkarılmış ve tüm örneklerde analiz bu şekilde yapılmıştır.

Bu sebeple, 20g kuru ürün, 100mL'lik mezüre konulup 15cm yükseklikten 120 defa yumuşak bir yüzeye düşürüldükten sonra, ölçekli kaptan hacim değeri mL olarak okunmuş ve yığın yoğunluğu hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarında yığın yoğunlukları kg/m^3 olarak verilmiştir. Düşürülme sayısı olan 120 değeri ön denemeler ile belirlenmiştir. Yığın yoğunluğu için kurulan düzenek Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Yığın Yoğunluğu Analizinde Kullanılan Düzenek

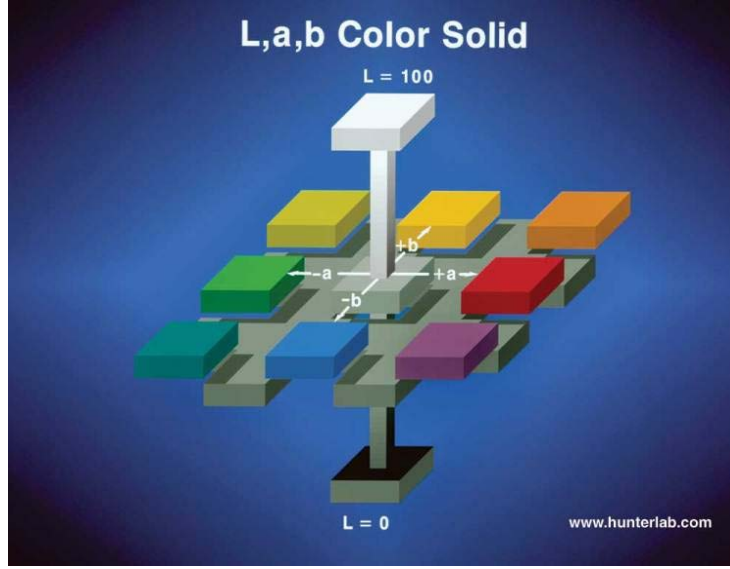
3.2.4.7. Çözünürlük Analizi

Çözünürlük analizi, 2g toz materyalin 50ml 30°C'deki deiyonize suda sabit hızda manyetik karıştırıcı ile çözülmesi ve tamamen çözündüğü sürenin kaydedilmesi ile gerçekleştirilmiştir (Goula and Adamopoulos, 2005).

3.2.4.8. Renk Tayini

Çöven ekstraktı, maltodekstrin ilave edilmiş çöven ekstraktı ve püskürtülerek kurutulmuş çöven ekstraktı tozu örneklerinde renk tayini Hunter Lab, Color Flex kullanılarak yapılmış ve örneğin aydınlık – karanlık derecesini gösteren “L” (0-100), kırmızılık (+a) – yeşillik (-a) derecesini gösteren “a” ve sarılık (+b) – mavilik (-b) derecesini gösteren “b” değerleri

belirlenmiştir (Hunter Lab, 2009). Hunter renk diyagramı Şekil 3.10'deki gibidir.



Şekil 3.10. Hunter Renk Diyagramı.

3.2.4.9. Deneysel Dizayn ve İstatistiksel Analiz

Araştırmada gerçekleştirilen püskürtmeli kurutma işleminde seçilen parametrelerin optimizasyonu için Yüzey Yanıt Yöntemi (Response Surface Methodology - RSM) kullanılmıştır. Yanıtlar ile değişkenler arasındaki matematiksel modellerin geliştirilebilmesi için gerekli olan deneysel veriler Yüzey Merkezli İstatistiksel Dizayn (Face Centred Composite Statistical Design) deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Deneme planı modellemesi Design-Expert 7.0 yazılımında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2). Modelleme için üç numerik faktör ve bunların alt ve üst seviyeleri yapılan literatür taramalarından yola çıkılarak Çizelge 3.1.'deki gibi belirlenmiştir;

Çizelge 3.1. Püskürtmeli Kurutma Deneme Planı İçin Belirlenen İşlem Parametreleri Ve Değerleri.

Faktörler	Bağımsız değişkenler	Değişken Seviyeleri		
		-1	0	+1
x ₁	Besleme Briks Değeri (°Bx)	15	22,5	30
x ₂	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	110	135	160
x ₃	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	50	65	80

Optimizasyonda kullanılacak olan yanıtlar, yapılan istatistiksel analizler sonrasında belirlenmiştir. Oluşturulan modellerin deneysel verileri karşılayıp karşılamadığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Lineer, interaksiyon ve kuadratik etkilerin her bir yanıt üzerine etkisi %95 güven aralığında Fischer (F-testi) ile belirlenmiş ve modele uymayan etkiler modelden çıkarılmıştır. Modelin sisteme uygun olup olmadığına, yapılan varyans analizleri sonucunda, “lack of fit” hatasının önemsiz ve F- değerine göre modelin önemli çıkmasına göre karar verilmiştir. Bu aşamada tüm istatistiksel işlemler Design – Expert 7.0 for Windows yazılımı tarafından yapılmıştır.

Diğer yandan, optimizasyona katılmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde Design-Expert 7.0 for Windows yazılımının yanısıra SPSS 16.0 for Windows yazılımı da kullanılmış ve bu veriler Duncan çoklu testi kullanılarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde incelenmiştir.

Çizelge 3.2. Design-Expert 7.0 Yazılımı İle Oluşturulan Püskürtmeli Kurutma Deneme Planı.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Püskürtmeli Kurutma Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Püskürtmeli Kurutma Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)
1	15	160	80
2	22,5	135	65
3	15	160	50
4	22,5	135	80
5	30	110	80
6	30	160	50
7	15	135	65
8	22,5	135	65
9	15	110	50
10	30	135	65
11	15	110	80
12	22,5	135	65
13	22,5	135	65
14	22,5	135	65
15	22,5	135	50
16	22,5	110	65
17	22,5	160	65
18	30	110	50
19	22,5	135	65
20	30	160	80

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Optimizasyonu İçin Modelin Oluşturulması

İlk aşamada, elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde, yanıtlardan dört tanesi (nem, su aktivitesi, saponin miktarı ve köpük hacmi) için kuadratik terimleri ile modelin önemli ölçüde geliştiği bulunmuştur. Bu yanıtlar için kuadratik etki terimleri modele eklenmiş ve modelin her yanıt için $\alpha=0,01$ düzeyinde önemli, model uyumsuzluğunun (lack of fit) $\alpha=0,05$ düzeyinde önemsiz olduğu bulunmuştur. Yığın yoğunluğu, çözünme süresi ve renk analizi sonuçları için modelin önemsiz ve model uyumsuzluğunun önemli çıkmasından dolayı bu yanıtlar modellemeye dolayısı ile optimizasyona alınmamışlardır. Optimizasyona dahil edilen yanıtlar için lineer, kuadratik ve interaksiyon terimlerinin etkileri Çizelge 4.2'deki gibidir.

Bu aşamada model tarafından tahmin edilen değerlerin, deneysel olarak elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığını anlamak için regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}) ve regresyon katsayısı (CV) ile belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bunun yanı sıra daha önce de belirttiği üzere modelin uygunluğu "Adequate Precision" değeri ile doğrulanmış ve bu değer "4" değerinden büyük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Model Uygunluğu ile İlgili Değerler.

	Nem Değeri	Su Aktivitesi	Toplam Saponin Miktarı	Köpük Hacmi
Ortalama	2,834	0,169	4,756	93,375
Standart Sapma	0,441	0,019	0,178	3,280
C.V. %	15,568	11,563	3,751	3,513
PRESS	11,901	0,020	1,440	235,298
R^2	0,941	0,966	0,993	0,905
R^2_{adj}	0,887	0,936	0,987	0,819
Pred R^2	0,638	0,824	0,969	0,792
Adequate Precision (Yeterli Kesinlik)	13,729	19,053	35,694	11,324

Çizelge 4.2. Yanıtlar için lineer, kuadratik ve interaksyon terimlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Nem Değeri		Su Aktivitesi		Toplam Saponin Miktarı		Köpük Hacmi	
		Kareler Toplamı	p -Değeri	Kareler Toplamı	p -Değeri	Kareler Toplamı	p -Değeri	Kareler Toplamı	p -Değeri
Model	9	30,915716	< 0.0001	0,108945	< 0.0001	46,121996	< 0.0001	1021,666351	0.0005
X ₁ -Besleme Briks Derecesi	1	0,511239	0.1362	0,000084	0.6480	44,042468	< 0.0001	350,069444	0.0002
X ₂ -Hava Giriş Sıcaklığı	1	0,215070	0.3179	0,000109	0.6039	0,018632	0.4618	102,400000	0.0115
X ₃ -Hava Çıkış Sıcaklığı	1	27,167255	< 0.0001	0,094284	< 0.0001	0,055715	0.2152	23,002778	0.1744
X ₁ X ₂	1	0,000003	0.9970	0,000171	0.5172	0,110349	0.0922	2,531250	0.6381
X ₁ X ₃	1	0,935449	0.0531	0,002415	0.0303	0,000963	0.8654	2,531250	0.6381
X ₂ X ₃	1	0,183300	0.3547	0,000741	0.1926	0,077181	0.1504	47,531250	0.0619
X ₁ ²	1	0,042535	0.6502	0,000149	0.5449	1,086940	0.0002	336,426768	0.0002
X ₂ ²	1	0,748035	0.0784	0,005236	0.0040	0,025018	0.3960	13,181976	0.2943
X ₃ ²	1	1,408314	0.0227	0,008429	0.0008	0,069676	0.1697	0,010101	0.9762
Kalıntı	10	1,946581		0,003796		0,318156		107,604482	
Model Uyumsuzluğu	5	0,969173	0.5036	0,002043	0.4355	0,234299	0.1420	22,840593	0.9118
Saf Hata	5	0,977408		0,001754		0,083857		84,763889	
Toplam	19	32,862297		0,112741		46,440152		1129,270833	

4.2. Nem Tayini Sonuçları

Püskürtmeli kurutucuda kurutma sonucunda elde edilen çöven ekstrakt tozlarında yapılan nem (%) tayinlerinin sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin nem değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.3. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Çöven Ekstrakt Tozlarının Nem Tayini Değerleri.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Nem (%)
1	15	160	80	1,8 ± 0,5
2	22,5	135	65	2,2 ± 0,6
3	15	160	50	3,8 ± 0,2
4	22,5	135	80	1,7 ± 0,3
5	30	110	80	1,2 ± 0,7
6	30	160	50	5,2 ± 0,2
7	15	135	65	2,6 ± 0,3
8	22,5	135	65	2,5 ± 0,5
9	15	110	50	4,4 ± 0,2
10	30	135	65	3,0 ± 0,5
11	15	110	80	1,1 ± 0,3
12	22,5	135	65	3,4 ± 0,1
13	22,5	135	65	2,9 ± 0,4
14	22,5	135	65	2,3 ± 0,3
15	22,5	135	50	5,1 ± 0,4
16	22,5	110	65	1,5 ± 0,2
17	22,5	160	65	2,9 ± 0,3
18	30	110	50	5,2 ± 0,4
19	22,5	135	65	2,7 ± 0,3
20	30	160	80	1,2 ± 0,5

Çizelge 4.3 incelendiğinde, en düşük nem içeriğine sahip olan ürünün 11 nolu püskürtmeli kurutma denemesinde (15°Bx ; giriş sıcaklığı 110°C ;

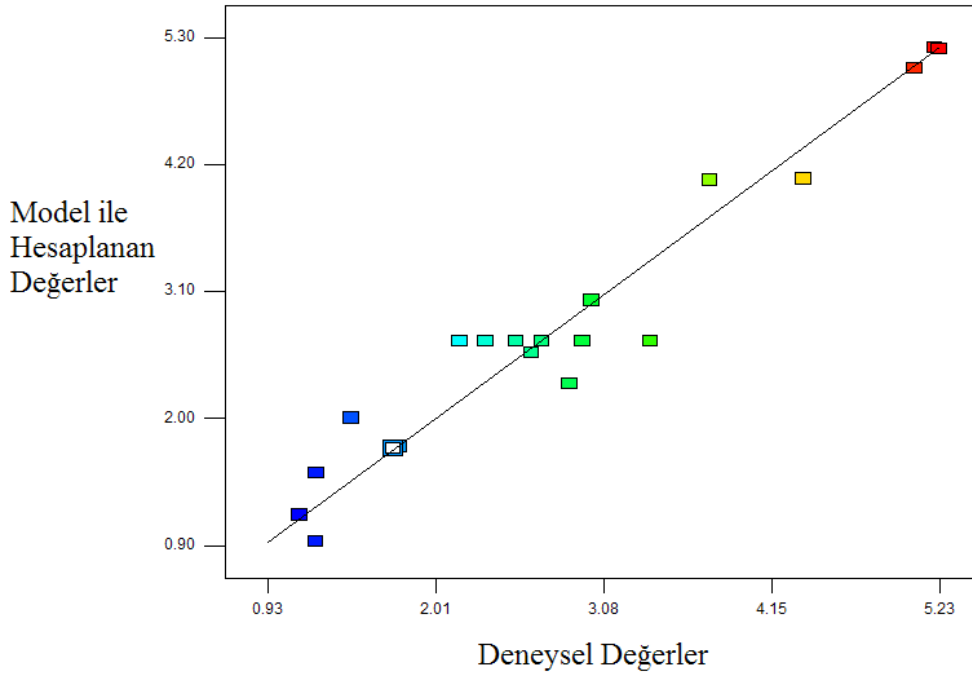
çıkış sıcaklığı 80°C) elde edilen $1,1 \pm 0,3$ nem içerikli ürün olduğu görülmektedir. Yine elde edilen en yüksek nem içerikli ürün ise $5,2 \pm 0,4$ ve $5,2 \pm 0,2$ nem olanları ile sırasıyla 6 (30°Bx ; giriş sıcaklığı 160°C ; çıkış sıcaklığı 50°C) ve 18'nolu (30°Bx ; giriş sıcaklığı 110°C ; çıkış sıcaklığı 50°C) püskürtmeli kurutma denemelerinde elde edilmiştir.

Nem tayini sonuçlarının modellenmesi Eşitlik 4.1'de verilmiş olan ikinci dereceden polinomial eşitlik ile sağlanmıştır.

$$\widehat{Nem} = 2,67 + 0,23 \cdot x_1 + 0,15x_2 - 1,65x_3 - 5,91 \cdot 10^{-4}x_1x_2 - 0,34x_1x_3 + 0,15x_2x_3 + 0,12x_1^2 - 0,52x_2^2 + 0,72x_3^2$$

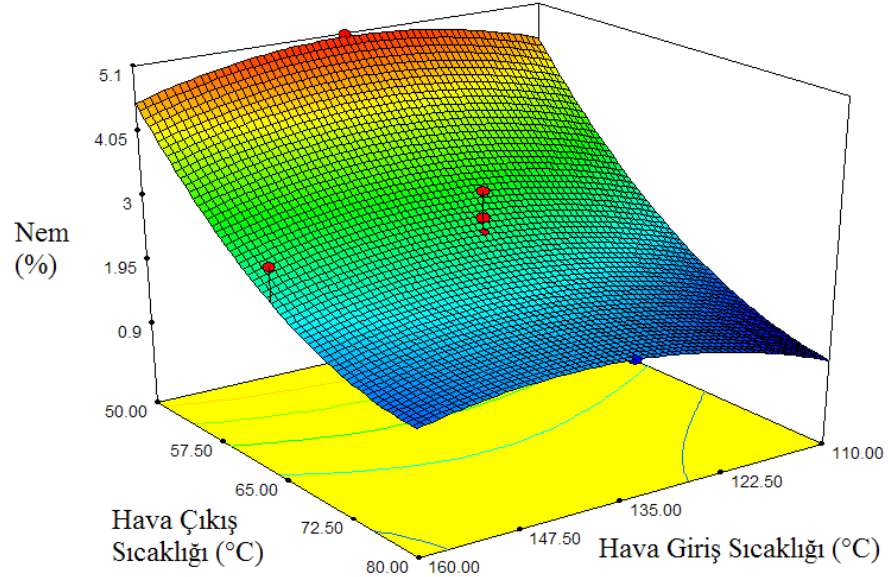
Eşitlik 1. Nem Tayini Sonuçlarının Modellenmesi İçin Kullanılmış Olan Polinomial Eşitlik.

Deneyel olarak elde edilen nem tayini sonuçları ile model tarafından hesaplanmış olan nem değerlerinin tahminlerini gösteren grafik Şekil 4.1'deki gibidir. Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi model tarafından üretilmiş olan değerler, deneyel olarak elde edilen değerler ile uyum içerisindedir.



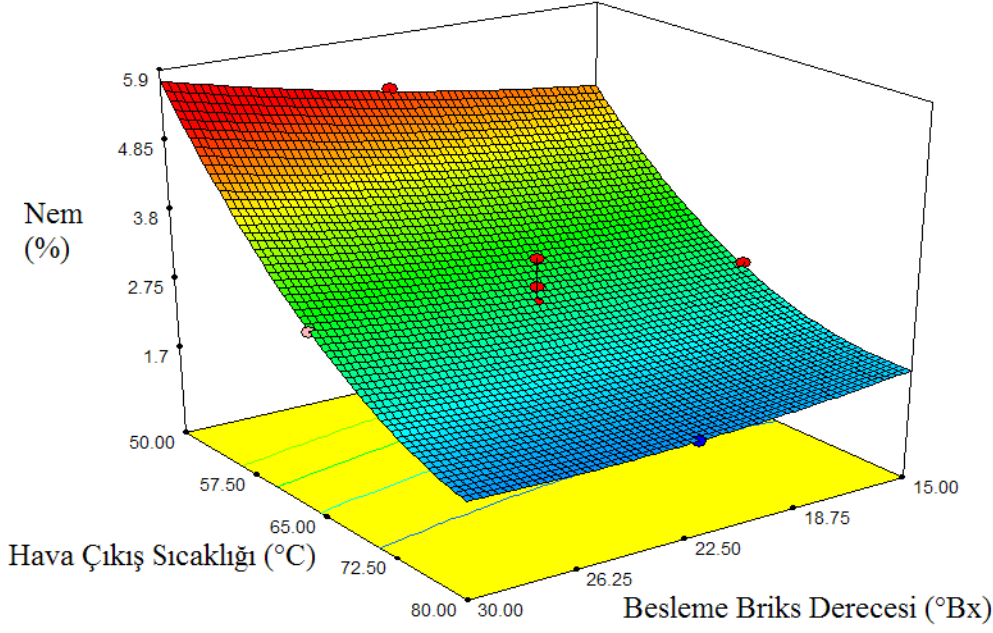
Şekil 4.1. Nem Tayini İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere (% nem) Karşılık Deneyel Olarak Elde Edilen Sonuçların (% nem) Dağılımı.

Nem tayini sonuçları ile elde edilen Yanıt Yüzey Grafikleri ve İzohips eğrileri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'deki gibidir.



Şekil 4.2. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx) Nem Değerlerinin Hava Giriş Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde, Çıkış Sıcaklığının yükselmesinin, farklı Besleme Briks değerleri ve farklı Giriş Sıcaklıkları için, nem değerlerini azalttığı görülmüştür ($p < 0,05$). Buna rağmen, Giriş Sıcaklığındaki veya Besleme Briksindeki değişimin elde edilen tozun nem içeriğini değiştirmedini göstermektedir ($p \geq 0,05$).



Şekil 4.3. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C) Nem Değerlerinin Besleme Briks Derecesi Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Koç (2009), pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarını belirlediği çalışmasında, püskürtmeli kurutma yöntemi ile ürettiği yumurta tozlarının nem değerlerinin hava çıkış sıcaklığının artması ile önemli derecede azaldığını tespit etmiştir.

Ersus (2004), püskürtmeli kurutucularda besleme debisinin sabit tutulması koşuluyla hava giriş sıcaklığı arttığı zaman, bu artışa paralel olarak hava çıkış sıcaklığının da arttığını saptamıştır. Araştırmacı aynı çalışmasında, besleme debisini sabit tutarak, giriş sıcaklık derecelerinin artması (çıkış sıcaklığının da artması) ile elde ettikleri tozun nem değerlerinin azaldığını saptamıştır. Goula and Adamopoulos (2005) tarafından domates suyu tozu üretimi ile ilgili da yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.3. Su Aktivitesi Tayini Sonuçları

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen su aktivitesi (a_w) tayini sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin su aktivitesi değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.4. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Su Aktivitesi Değerleri.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Su Aktivitesi Değerleri (22±1°C'de)
1	15	160	80	0,100
2	22,5	135	65	0,141
3	15	160	50	0,237
4	22,5	135	80	0,098
5	30	110	80	0,054
6	30	160	50	0,285
7	15	135	65	0,180
8	22,5	135	65	0,138
9	15	110	50	0,253
10	30	135	65	0,160
11	15	110	80	0,094
12	22,5	135	65	0,183
13	22,5	135	65	0,178
14	22,5	135	65	0,144
15	22,5	135	50	0,338
16	22,5	110	65	0,111
17	22,5	160	65	0,127
18	30	110	50	0,299
19	22,5	135	65	0,159
20	30	160	80	0,095

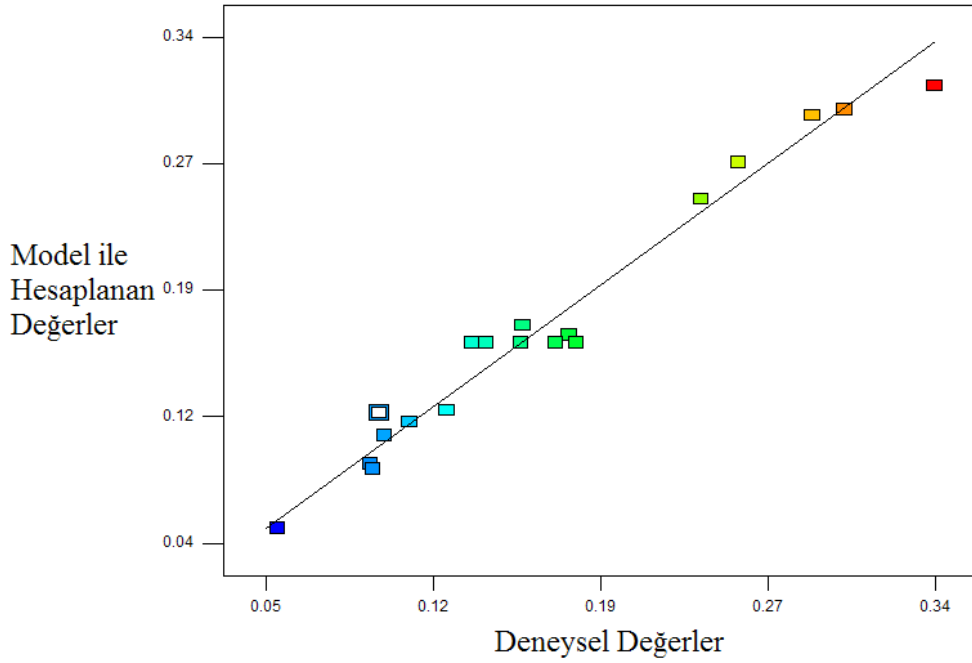
Çizelge 4.4 incelendiğinde, en düşük su aktivitesi değerine sahip olan ürünün 5 nolu püskürtmeli kurutma denemesinde (30°Bx ; giriş sıcaklığı 110°C ; çıkış sıcaklığı 80°C) elde edilen 0,054 su aktiviteli ürün olduğu görülmektedir. Yine su aktivitesi en yüksek ürün ise 0,338 su aktivitesi değeri ile 15 nolu (22,5°Bx ; giriş sıcaklığı 135°C ; çıkış sıcaklığı 50°C) püskürtmeli kurutma denemesinde elde edilmiştir.

Su aktivitesi sonuçlarının modellenmesi Eşitlik 4.2'de verilmiş olan ikinci dereceden polinomiyal eşitlik ile sağlanmıştır.

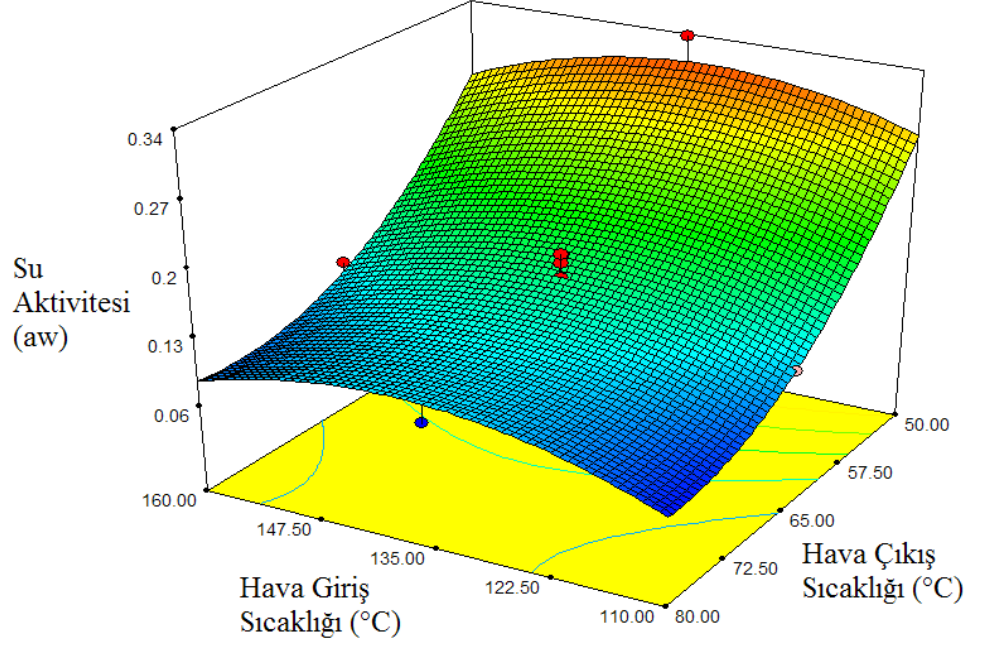
$$\begin{aligned}\widehat{a_w} = & 0,16 + 2,9 \cdot 10^{-3}x_1 + 3,3 \cdot 10^{-3}x_2 - 0,097x_3 + 4,625 \cdot 10^{-3}x_1x_2 \\ & - 0,017x_1x_3 + 9,625 \cdot 10^{-3}x_2x_3 + 7,364 \cdot 10^{-3}x_1^2 - 0,044x_2^2 \\ & + 0,055x_3^2\end{aligned}$$

Eşitlik 4.2. Su Aktivitesi Sonuçlarının Modellenmesi İçin Kullanılmış Olan Polinomiyal Eşitlik.

Deneyssel olarak elde edilen su aktivitesi sonuçları ile model tarafından hesaplanmış olan su aktivitesi değerlerinin tahminlerini gösteren grafik Şekil 4.4'deki gibidir. Bu Şekil 4.4 ve Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi model tarafından üretilmiş olan değerler, deneyssel olarak elde edilen değerler ile uyum içerisinde.

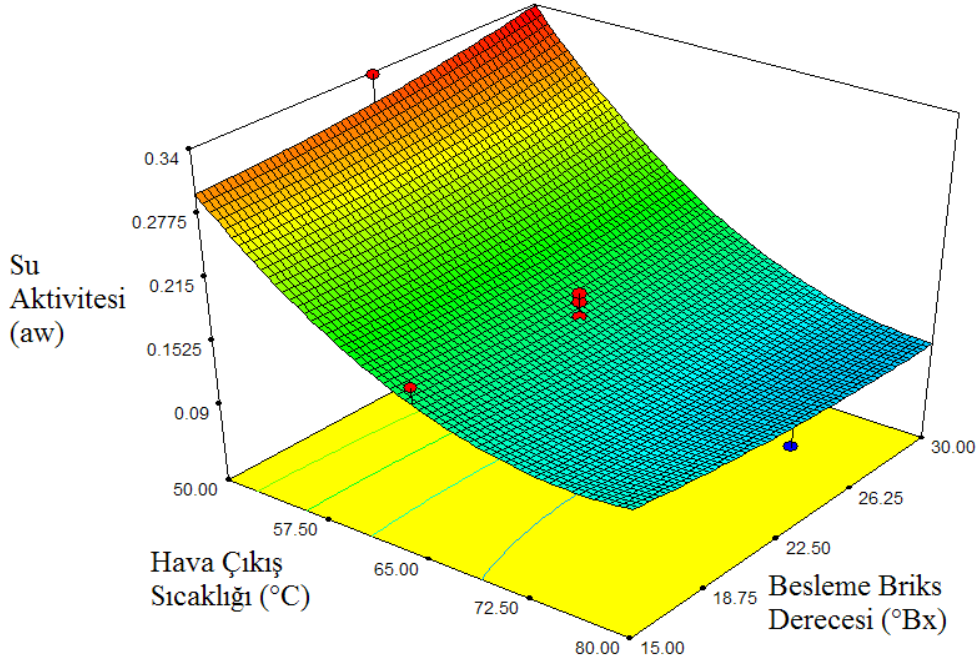


Şekil 4.4. Su Aktivitesi İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere (a_w) Karşılık Deneyssel Olarak Elde Edilen Sonuçların (a_w) Dağılımı.



Şekil 4.5. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx), Su Aktivitesinin, Hava Giriş Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 incelendiğinde, besleme briksi ve hava giriş sıcaklığındaki değişimin, püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozlarının su aktivitesi değerleri üzerine etkisi olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0,05$). Buna rağmen, hava çıkış sıcaklığının azalması, elde edilen tozun su aktivitesi değerleri yükseltmiştir ($p < 0,05$). Su aktivitesi ile ürünün nem içeriği ve gıdanın bileşimi arasında ilişki olduğu bilinmektedir (Cemeroğlu, 2004 ; Pazır, 2008). Nitekim çalışmamızda hava çıkış sıcaklığının azalmasının örneklerin nem içeriğini arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca, besleme briks derecesi – çıkış hava sıcaklığı interaksiyon etkisinin de istatistiki önemi olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 4.6. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Su Aktivitesinin Besleme Briks Derecesi ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Koç (2009), pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarını belirlediği çalışmasında, elde ettiği yumurta tozlarındaki su aktivitesi değerlerinin, püskürtmeli kurutma işleminde hava çıkış sıcaklığının düşmesi ile önemli derecede yükseldiğini bulmuştur ($p < 0,05$).

4.4. Toplam Saponin Tayini Sonuçları

Saponin tayini kapsamında öncelikle 10°Bx ve maltodekstrin eklendikten sonra elde edilen 15°Bx, 22,5°Bx ve 30°Bx çöven ekstraktları ile püskürtmeli kurutma sonrasında elde edilen tozların içerdiği saponin miktarları belirlenmiştir. Her bir toz örneği için, kurutmadan önceki değer ve püskürtmeli kurutma sonrasındaki değer karşılaştırılarak püskürtmeli kurutma işleminin saponin miktarı üzerine etkisi incelenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. İçerdikleri Çöven Ekstrakt Miktarları Eşit Tutularak Hesaplanmış Sıvı ve Toz Örneklerde Yapılan Saponin Tayini Sonuçları.

Çöven Ekstraktının Briks Derecesi (°Bx)				
	10°Bx	15°Bx	22,5°Bx	30°Bx
Püskürtmeli Kurutma Öncesi Sıvı Örneklerde Saponin Miktarı (%) (KM bazında)	11,93 ± 0,47 ^a	11,92 ± 0,46 ^a	12,10 ± 0,70 ^a	11,97 ± 0,97 ^a
Püskürtmeli Kurutma Sonrası Toz Örneklerde Saponin Miktarı (%) (KM bazında)		11,68 ± 0,47 ^a	11,92 ± 0,49 ^a	11,77 ± 0,38 ^a

Satır ve sütunlardaki harfler birbirleri arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($\alpha=0,05$).

Çizelge 4.3'deki değerler incelendiğinde, sıvı örnekler ile toz örnekler arasında içerdikleri çöven ekstraktı miktarları sabit tutulduğu takdirde saponin miktarları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p \geq 0,05$). Bu sonuç da bize püskürtmeli kurutma işlem parametrelerinin (besleme briksi, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları), örneklerin saponin niceliklerinde istatistiksel olarak bir değişmeye sebep olmadığını göstermektedir ($p \geq 0,05$).

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen toplam saponin miktarı tayini sonuçları ve bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Saponin Tayini Sonuçları.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Kurutma Öncesi Ekstraktlarda Saponin Miktarı (%) (KM Bazında)	Kurutma Sonrası Tozlarda Saponin Miktarı (%) (KM Bazında)
1	15	160	80	7,44 ± 0,29 ^a	7,07 ± 0,09 ^a
2	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,85 ± 0,22 ^b
3	15	160	50	7,44 ± 0,29 ^a	6,98 ± 0,12 ^a
4	22,5	135	80	4,61 ± 0,27 ^b	4,60 ± 0,51 ^b
5	30	110	80	3,10 ± 0,25 ^c	2,88 ± 0,04 ^c
6	30	160	50	3,10 ± 0,25 ^c	2,85 ± 0,18 ^c
7	15	135	65	7,44 ± 0,29 ^a	7,44 ± 0,22 ^a
8	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,15 ± 0,19 ^b
9	15	110	50	7,44 ± 0,29 ^a	7,34 ± 0,33 ^a
10	30	135	65	3,10 ± 0,25 ^c	3,04 ± 0,01 ^c
11	15	110	80	7,44 ± 0,29 ^a	7,18 ± 0,57 ^a
12	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,52 ± 0,02 ^b
13	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,39 ± 0,19 ^b
14	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,47 ± 0,10 ^b
15	22,5	135	50	4,61 ± 0,27 ^b	4,30 ± 0,28 ^b
16	22,5	110	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,66 ± 0,28 ^b
17	22,5	160	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,75 ± 0,26 ^b
18	30	110	50	3,10 ± 0,25 ^c	2,88 ± 0,00 ^c
19	22,5	135	65	4,61 ± 0,27 ^b	4,43 ± 0,22 ^b
20	30	160	80	3,10 ± 0,25 ^c	3,12 ± 0,37 ^c

Satır ve sütunlardaki harfler istatistiksel farkı göstermektedir.

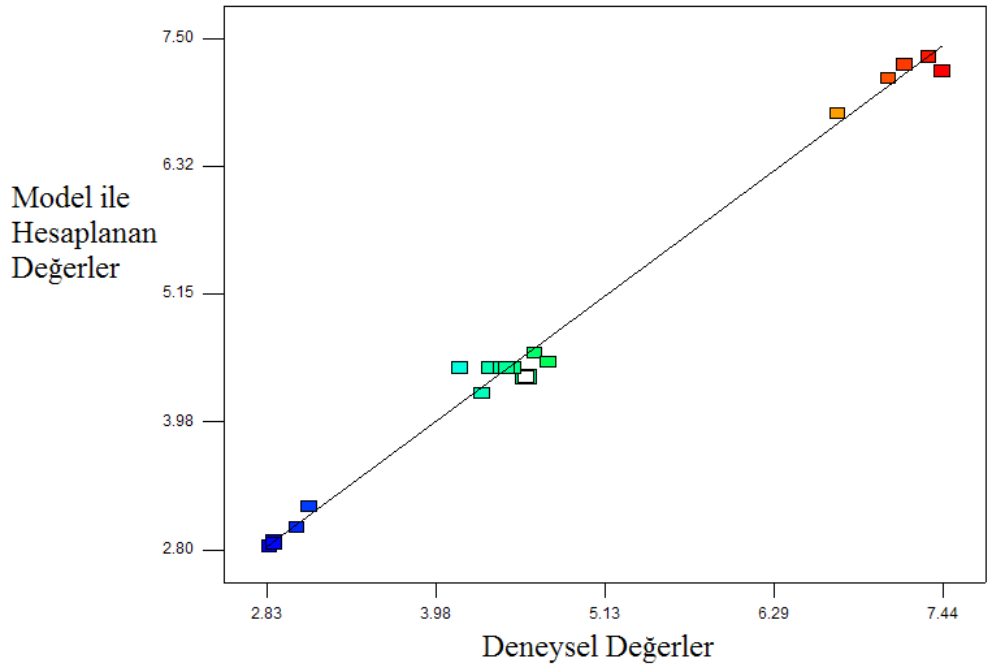
Çizelge 4.6 incelendiğinde, en düşük toplam saponin niceliğine sahip olan ürünün 6 nolu püskürtmeli kurutma denemesinde (30°Bx ; giriş sıcaklığı 160°C ; çıkış sıcaklığı 50°C) elde edilen %2,85 ± 0,18 toplam saponin içerikli ürün olduğu görülmektedir. Yine saponin niceliği en yüksek ürün ise %7,44 ± 0,22 toplam saponin niceliği ile 7 nolu (15°Bx ; giriş sıcaklığı 135°C ; çıkış sıcaklığı 65°C) püskürtmeli kurutma denemesinde elde edilmiştir. Kurutma öncesi çöven ekstraktlarında ve kurutma sonrası tozlarda yapılan istatistiksel karşılaştırmadan, çöven ekstraktlarının püskürtmeli kurutulması işleminde herhangi bir saponin kaybını yaşamadığı anlaşılmıştır.

Toplam saponin tayini sonuçlarının modellenmesi Eşitlik 4.3'de verilmiş olan ikinci dereceden polinomial eşitlik ile sağlanmıştır.

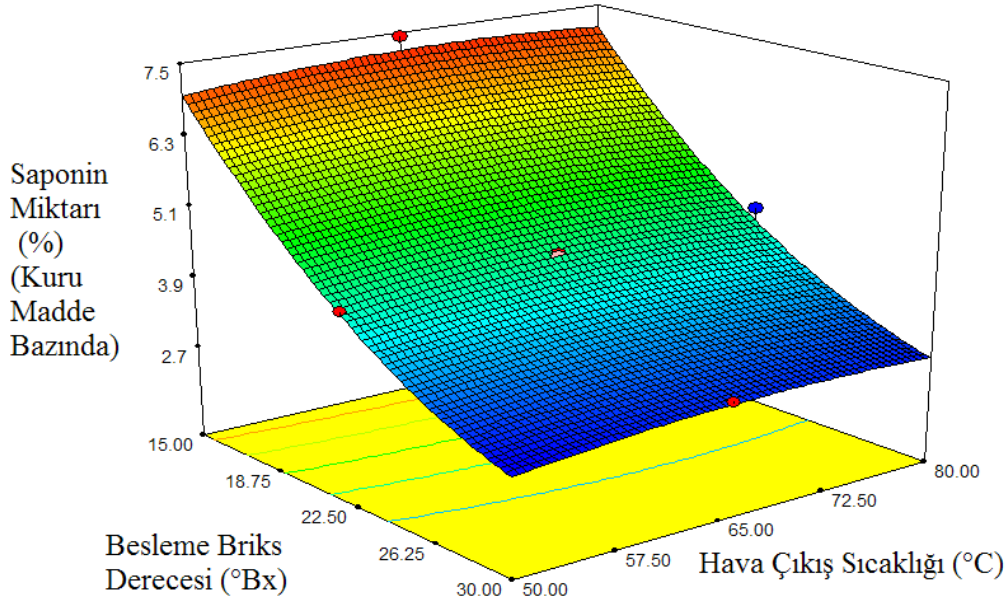
$$\begin{aligned} \widehat{\%S} = & 4,44 - 2,10x_1 - 0,043x_2 + 0,075x_3 + 0,12x_1x_2 + 0,011x_1x_3 \\ & + 0,098x_2x_3 + 0,63x_1^2 + 0,095x_2^2 - 0,16x_3^2 \end{aligned}$$

Eşitlik 4.3. Toplam Saponin Tayini Sonuçlarının Modellenmesi İçin Kullanılmış Olan Polinomial Eşitlik.

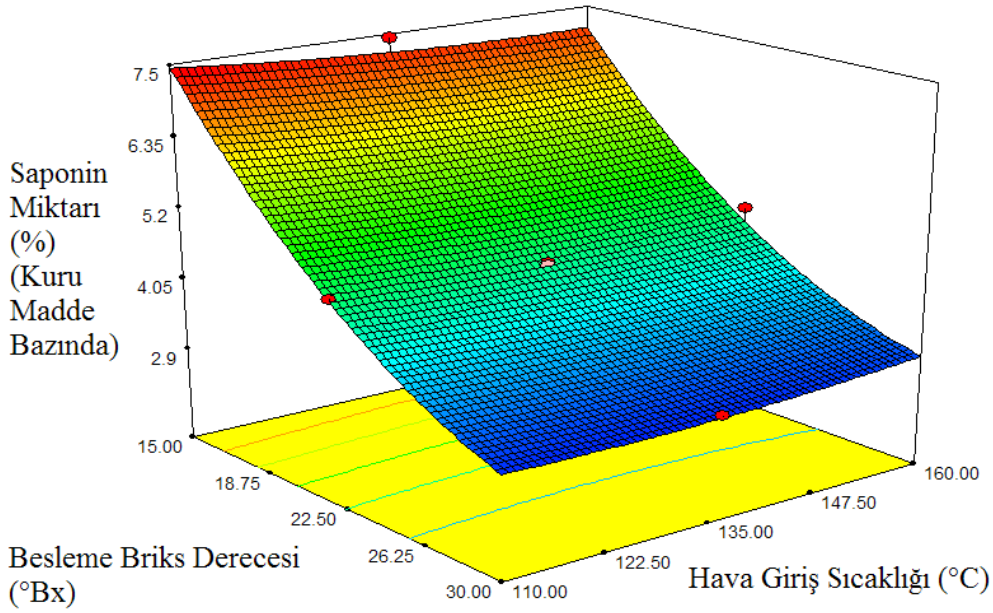
Deneysel olarak elde edilen toplam saponin tayini sonuçları ile model tarafından hesaplanmış olan toplam saponin tayini değerlerinin tahminlerini gösteren grafik Şekil 4.7'deki gibidir. Şekil 4.7 ve Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi model tarafından üretilmiş olan değerler, deneysel olarak elde edilen değerler ile uyum içerisindedir.



Şekil 4.7. Toplam Saponin Tayini İçin Model Tarafından Hesaplanan Değerlere (% KM bazında) Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların (% KM bazında) Dağılımı.



Şekil 4.8. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Toplam Saponin Miktarının, Besleme Briks Derecesi ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.



Şekil 4.9. Sabit Hava Çıkış Sıcaklığında (65°C), Toplam Saponin Miktarının Besleme Briks Derecesi ve Hava Giriş Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 incelendiğinde, hava giriş ve hava çıkış sıcaklığındaki değişimin, püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozlarının toplam saponin miktarları değerleri üzerine etkisi olmadığı anlaşılmıştır (0,05). Buna rağmen,

besleme briks derecesinin azalması, elde edilen tozun toplam saponin miktarlarını yükseltmiştir ($p<0,05$).

Battal (2002), yaptığı çalışmada farklı türlerdeki çöven bitkilerinden elde ettiği çöven ekstraktlarının içerdiği saponin miktarının kuru madde bazında %11,58 ile %19,58 arasında değiştiğini belirtmiştir. Yine, Baylan (1992), yaptığı çalışmada helva ve lokum üretimleri için hazırlanan çöven ekstraktlarındaki saponin oranının kuru madde bazında %9,08 ile %13,72 değerleri arasında değişiklik gösterdiğini tespit etmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda gerçekleştirilen gerek çöven ekstraktı ve gerekse çöven ekstraktlarından püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen tozlardaki saponin nicelikleri ile benzerlik göstermektedir.

4.5. Köpürme Analizi Sonuçları

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen köpürme analizi sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.7, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin oluşan köpük hacmi üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.7. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Köpürme Analizi Sonuçları

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Köpük Hacmi (mL)
1	15	160	80	83,3 ±1,2
2	22,5	135	65	99,6 ± 6,2
3	15	160	50	101,3 ± 1,2
4	22,5	135	80	94,7 ± 1,2
5	30	110	80	105,3 ±1,2
6	30	160	50	90,0 ± 4,3
7	15	135	65	98,7 ± 1,2
8	22,5	135	65	83,5 ± 5,3
9	15	110	50	97,0 ± 3,5
10	30	135	65	77,5 ± 2,5
11	15	110	80	100 ± 3,3
12	22,5	135	65	79 ± 5,3
13	22,5	135	65	95,3 ± 2,3
14	22,5	135	65	98 ± 2,0
15	22,5	135	50	95,0 ± 3,5
16	22,5	110	65	84,5 ± 6,0
17	22,5	160	65	94,4 ± 6,5
18	30	110	50	97,5 ± 4,4
19	22,5	135	65	97,3 ± 1,2
20	30	160	80	84,0 ± 2,0

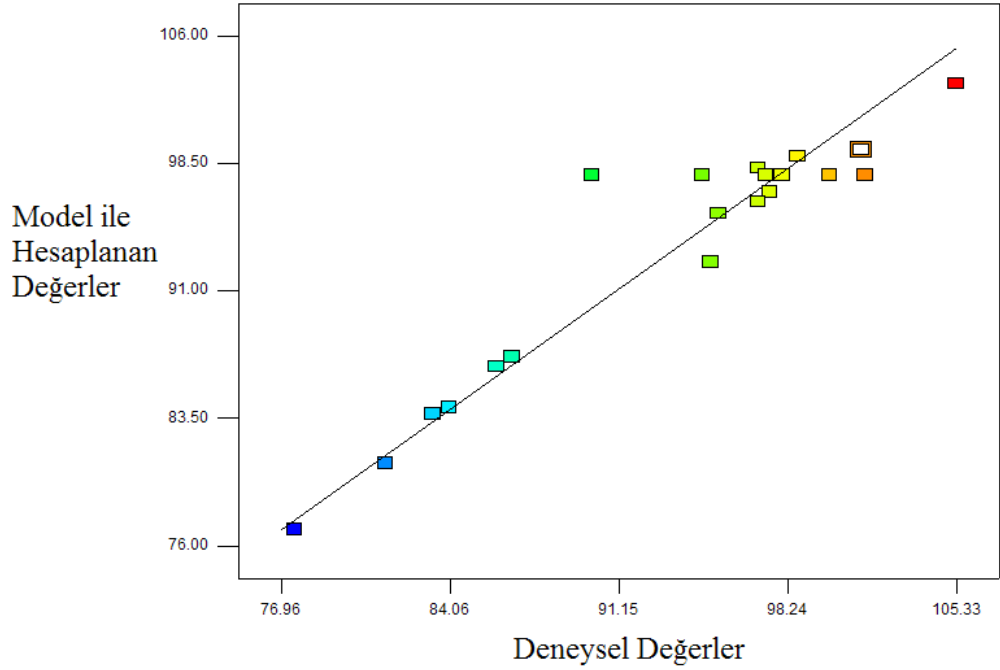
Çizelge 4.7 incelendiğinde, en düşük köpük hacmine sahip olan ürünün 10 nolu püskürtmeli kurutma denemesinde (30°Bx ; giriş sıcaklığı 135°C ; çıkış sıcaklığı 65°C) elde edilen 77,5 ± 2,5mL köpük hacimli ürün olduğu görülmektedir. Yine köpük hacmi en yüksek ürün ise 105,3 ±1,2mL ile 5 nolu (30°Bx ; giriş sıcaklığı 110°C ; çıkış sıcaklığı 80°C) püskürtmeli kurutma denemesinde elde edilmiştir.

Köpürme analizi sonuçlarının modellenmesi Eşitlik 4.4'de verilmiş olan ikinci dereceden polinomial eşitlik ile sağlanmıştır.

$$\hat{K} = 97,84 - 5,92x_1 + 3,32x_2 + 1,52x_3 - 0,56x_1x_2 - 0,56x_1x_3 - 2,44x_2x_3 - 11,06x_1^2 + 2,19x_2^2 - 0,061x_3^2$$

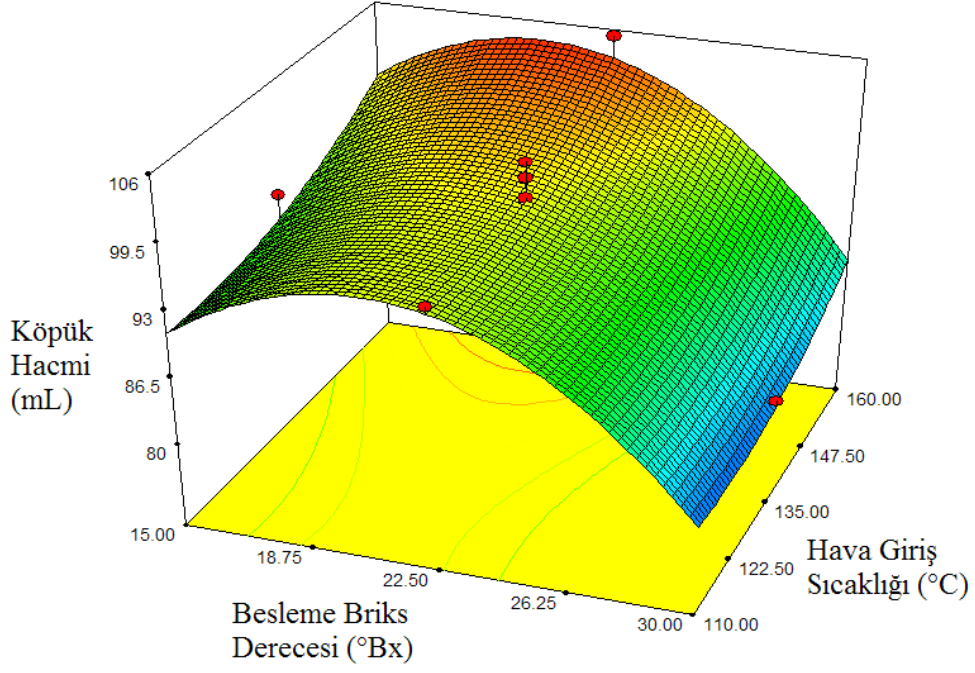
Eşitlik 4.4. Köpürme Analizi Sonuçlarının Modellenmesi İçin Kullanılmış Olan Polinomial Eşitlik.

Deneysel olarak elde edilen köpürme analizi sonuçları ile model tarafından hesaplanmış olan köpürme analizi değerlerinin tahminlerini gösteren grafik Şekil 4.10'deki gibidir. Şekil 4.10 ve Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi model tarafından üretilmiş olan değerler, deneysel olarak elde edilen değerler ile uyum içerisindedir.

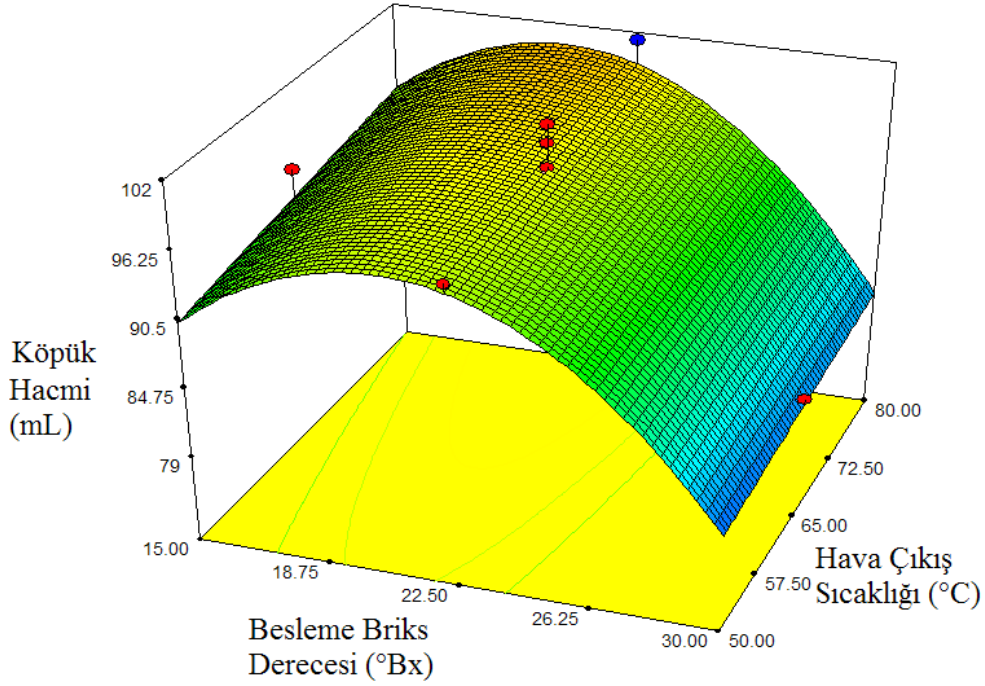


Şekil 4.10. Köpürme Analizi için Model Tarafından Hesaplanan Değerlere (mL) Karşılık Deneysel Olarak Elde Edilen Sonuçların (mL) Dağılımı.

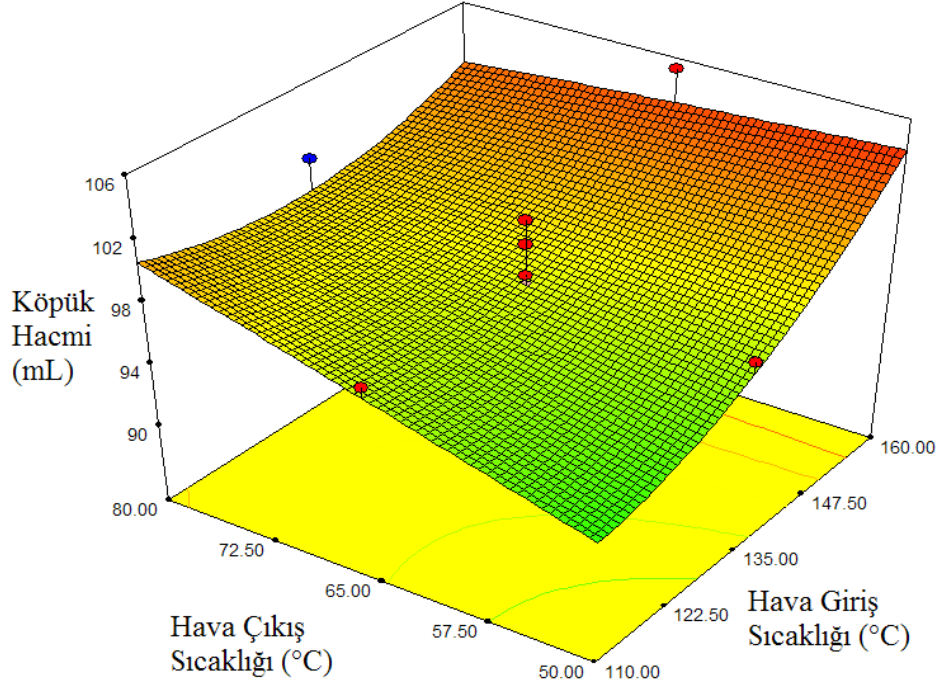
Püskürtmeli kurutma sonunda elde edilen çöven ekstraktı tozlarının köpürme analizi değerleri ile ilgili olarak yapılan varyans analizinde çıkış sıcaklığındaki değişimin oluşan köpük hacmini etkilemediği bulunmuştur ($p \geq 0,05$). Buna rağmen hava giriş sıcaklığının ve besleme briksinin değişmesi elde edilen tozun oluşturduğu köpük hacmi etkilemiştir ($p < 0,05$).



Şekil 4.11. Sabit Hava Çıkış Sıcaklığında (65°C), Köpük Hacmi Değerlerinin, Besleme Briks Derecesi Ve Hava Giriş Sıcaklıklarına Göre Değişimi.



Şekil 4.12. Sabit Hava Giriş Sıcaklığında (135°C), Köpük Hacmi Değerlerinin, Besleme Briks Derecesi Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.



Şekil 4.13. Sabit Besleme Briks Derecesinde (22,5°Bx), Köpük Hacmi Değerlerinin, Hava Giriş Sıcaklığı Ve Hava Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.7, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 incelendiğinde sabit hava çıkış ve giriş sıcaklıklarında en yüksek köpük hacmi değerlerine sahip olan tozların 22,5°Bx olan çöven ekstraktlarından elde edilen tozlar olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Yine aynı şekilde, besleme briks derecesinin bu değerden yüksek veya düşük değerlerde olması oluşan köpük hacmini azaltmıştır ($p<0,05$).

Bunun yanında, sabit besleme briks derecesinde elde edilen tozların oluşturduğu köpük hacimlerinin, hava giriş ve çıkış sıcaklıklarına göre değişimi görülebilmektedir. Bu yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrilerinden, hava giriş sıcaklığının artmasının oluşan köpük hacmini arttırdığı bulunmuştur ($p<0,05$).

4.6. Yığın Yoğunluğu Tayini Sonuçları

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen yığın yoğunluğu tayini sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’da verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin yığın yoğunluğu değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.8. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların Yığın Yoğunluğu (kg/m^3) Değerleri.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri ($^{\circ}\text{Bx}$)	Püskürtmeli Kurutma Sıcak Hava Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Püskürtmeli Kurutma Hava Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Yığın Yoğunluğu (kg/m^3)
1	15	160	80	376 ± 2
2	22,5	135	65	471 ± 8
3	15	160	50	379 ± 3
4	22,5	135	80	426 ± 13
5	30	110	80	516 ± 5
6	30	160	50	611 ± 7
7	15	135	65	430 ± 7
8	22,5	135	65	476 ± 0
9	15	110	50	500 ± 0
10	30	135	65	541 ± 0
11	15	110	80	462 ± 4
12	22,5	135	65	479 ± 4
13	22,5	135	65	476 ± 0
14	22,5	135	65	460 ± 7
15	22,5	135	50	526 ± 0
16	22,5	110	65	500 ± 0
17	22,5	160	65	471 ± 8
18	30	110	50	571 ± 0
19	22,5	135	65	482 ± 8
20	30	160	80	503 ± 4

Çizelge 4.8 incelendiğinde, en düşük yığın yoğunluğu değerlerine sahip olan ürünün 1 nolu püskürtmeli kurutma denemesinde (15°Bx ; giriş sıcaklığı 60°C ; çıkış sıcaklığı 80°C) elde edilen $376 \pm 2\text{kg/m}^3$ yığın yoğunluklu ürün olduğu görülmektedir. Yine yığın yoğunluğu en yüksek ürün ise $571 \pm 0\text{kg/m}^3$ yığın yoğunluğu ile 18 nolu (30°Bx ; giriş sıcaklığı 110°C ; çıkış sıcaklığı 50°C) püskürtmeli kurutma denemesinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.9'a göre, püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş olan çöven ekstraktı tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin hava giriş, hava çıkış sıcaklıkları ve besleme briks derecesinin değişiminden önemli derecede etkilendiği bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanı sıra, hava giriş sıcaklığı - besleme briks derecesi ve hava çıkış sıcaklığı - besleme briks derecesi interaksiyonlarının da püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş olan çöven ekstraktı tozlarının yığın yoğunluğu değerlerini etkilediği bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Yığın Yoğunluğu Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.

Kaynak	Kareler		Ortalamanın Karesi	F Değeri	p-değeri
	Toplamı	SD			
Model	57830,721	6	9638,454	37,247	< 0.0001
X ₁ - Besleme Briks Derecesi	35362,144	1	35362,144	136,654	< 0.0001
X ₂ - Hava Giriş Sıcaklığı	4444,999	1	4444,999	17,177	0.0012
X ₃ - Hava Çıkış Sıcaklığı	9287,750	1	9287,750	35,892	< 0.0001
X ₁ X ₂	6842,631	1	6842,631	26,443	0.0002
X ₁ X ₃	1851,653	1	1851,653	7,156	0.0191
X ₂ X ₃	41,545	1	41,545	0,161	0.6952
Hata	3364,039	13	258,772		
Toplam	61194,760	19			

Çizelge 4.10. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri (kg/m ³)	Çıkış Sıcaklığı (°C)			Genel Ortalama	
	Giriş Sıcaklığı (°C)	50	65		80
110		536	500	489	510
135		526	477	426	477
160		495	471	439	468
Genel Ortalama		518	479	457	483

Çizelge 4.11. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri (kg/m ³)	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Giriş Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
110	481	500	544	510
135	430	474	541	477
160	377	471	557	468
Genel Ortalama	429	477	548	483

Çizelge 4.12. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Yığın Yoğunluğu Değerleri (kg/m ³)	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Çıkış Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
50	440	526	591	518
65	430	477	541	479
80	419	426	510	457
Genel Ortalama	429	477	548	483

Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12 incelendiğinde, hava giriş sıcaklığı ve hava çıkış sıcaklığı değerleri düştükçe, yığın yoğunluğu değerlerinin yükseldiği görülmektedir ($p < 0,05$). Bunun yanı sıra, besleme briks derecesi yükseldikçe yığın yoğunluğu değerlerinin de yükseldiği görülmektedir ($p < 0,05$).

Chegini and Gobadian (2005), portakal sularının püskürtmeli kurutucu ile kurutulması ile ilgili çalışmalarında, farklı besleme debilerinde çalışmışlardır. Besleme debisinin artmasıyla püskürtmeli kurutucudan çıkan havanın sıcaklığının düştüğünü belirleyen araştırmacılar, püskürtmeli kurutucudan çıkan havanın sıcaklığı azaldıkça daha yüksek yığın yoğunluğuna sahip portakal suyu tozlarını elde ettiklerini kaydetmişlerdir ($p < 0,05$). Bu sonuçlar çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Sabit hava giriş sıcaklığında, kurutucuya beslenen örneğin debisi (besleme hızı) arttıkça, kurutucu hava çıkış sıcaklığının azaldığı bilinmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak, Akbaba (1990), püskürtmeli

kutucuda meyan şerbetinin dinamik ve fiziksel özelliklerinin ürüne etkisini incelediği çalışmada, sabit giriş sıcaklığında, besleme debisi arttıkça yığın yoğunluğunun da arttığını saptamıştır.

4.7. Çözünürlük Analizi Sonuçları

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen çözünürlük analizi sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.13., Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin çözünme süresine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.13. Püskürtmeli Kurutma ile Elde Edilen Tozların Çözünürlük Analizi Sonuçları.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Çözünme Süresi (s)
1	15	160	80	321 ± 11
2	22,5	135	65	460 ± 6
3	15	160	50	469 ± 2
4	22,5	135	80	451 ± 32
5	30	110	80	536 ± 8
6	30	160	50	498 ± 12
7	15	135	65	433 ± 13
8	22,5	135	65	462 ± 20
9	15	110	50	359 ± 23
10	30	135	65	531 ± 12
11	15	110	80	468 ± 13
12	22,5	135	65	522 ± 10
13	22,5	135	65	573 ± 12
14	22,5	135	65	579 ± 11
15	22,5	135	50	502 ± 6
16	22,5	110	65	530 ± 6
17	22,5	160	65	493 ± 21
18	30	110	50	552 ± 18
19	22,5	135	65	475 ± 2
20	30	160	80	477 ± 21

Çizelge 4.13 incelendiğinde çözünme sürelerinin sırasıyla 1 nolu denemede (15°Bx ; giriş sıcaklığı 160°C ; çıkış sıcaklığı 80°C) 321 ± 11s ile ve 14 nolu deneme (22,5°Bx ; giriş sıcaklığı 135°C ; çıkış sıcaklığı 65°C) 579 ± 11s arasında değişiklik göstermiştir. Diğer değerler ise bu uç noktaların arasına yayılmıştır.

Çizelge 4.14. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin Çözünme Süresi Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.

Kaynak	Kareler		Ortalamanın		F Değeri	p-değeri
	Toplamı	SD	Karesi			
Model	30050,569	6	5008,428	1,712	0.1957	
X ₁ - Besleme Briks Derecesi	19669,225	1	19669,225	6,724	0.0223	
X ₂ - Hava Giriş Sıcaklığı	748,225	1	748,225	0,256	0.6215	
X ₃ - Hava Çıkış Sıcaklığı	5085,025	1	5085,025	1,738	0.2101	
X ₁ X ₂	75,031	1	75,031	0,026	0.8752	
X ₁ X ₃	1212,781	1	1212,781	0,415	0.5308	
X ₂ X ₃	3260,281	1	3260,281	1,115	0.3103	
Hata	38026,131	13	2925,087			
Toplam	68076,700	19				

Çizelge 4.15. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Çözünme Süresi Değerleri (s)	Çıkış Sıcaklığı (°C)			Genel Ortalama
	50	65	80	
Giriş Sıcaklığı (°C)				
110	455	530	452	469
135	502	492	451	488
160	483	493	399	451
Genel Ortalama	476	495	430	474

Çizelge 4.16. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Dereceğinde Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Çözünme Süresi Değerleri (s)	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			Genel Ortalama
	15	22,5	30	
Giriş Sıcaklığı (°C)				
110	413	530	494	469
135	433	490	531	488
160	395	493	487	451
Genel Ortalama	410	494	498	474

Çizelge 4.17. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama Çözünme Süresi Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama Çözünme Süresi Değerleri (s)	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Çıkış Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
50	414	502	525	476
65	433	499	531	495
80	395	451	456	430
Genel Ortalama	410	494	498	474

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, hava giriş sıcaklığı ve hava çıkış sıcaklığındaki değişimden kaynaklanan çözünme süresindeki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür ($p \geq 0,05$). Buna rağmen, püskürtmeli kurutma işlemine beslenen çöven ekstraktının briks derecesi yükseldikçe çözünme süresi artmıştır ($p < 0,05$).

Kullanım kolaylığı açısından elde edilen çöven ekstraktı tozunun kolay çözünebilmesi tercih edilebilir. Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde, yüksek hava çıkış sıcaklığında elde edilen tozun çözünme süresinin nispeten düşük olduğu görülse de bu farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur ($p \geq 0,05$). Bu etki Goula and Adamopoulos (2005)'un yaptığı çalışmada da görülmektedir. Bu çalışmada 110°C, 120°C, 130°C ve 140°C hava giriş sıcaklıklarında çalışan araştırmacılar, hava giriş sıcaklığı arttıkça tozların çözünme süresinin azaldığını bulmuşlardır. Fakat bu çalışmada söz konusu etki araştırmamızdaki aksine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.8. Renk Analizi Sonuçları

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen çöven ekstraktı tozu örneklerinde gerçekleştirilen renk (L, a, b) sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21, Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.24, Çizelge 4.26, Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30'da verilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak püskürtmeli kurutma parametrelerinin renk değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 4.18. Püskürtmeli Kurutma İle Elde Edilen Tozların L, a Ve b Değerleri.

Deneme No	Kurutmaya Beslenen Çöven Ekstraktının Briks Değeri (°Bx)	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	L	a	b
1	15	160	80	82,28 ± 0,68	3,09 ± 0,28	14,97 ± 0,24
2	22,5	135	65	83,05 ± 0,29	2,79 ± 0,16	14,77 ± 0,80
3	15	160	50	76,56 ± 0,17	4,14 ± 0,12	19,01 ± 0,53
4	22,5	135	80	82,58 ± 0,03	2,99 ± 0,02	15,8 ± 0,02
5	30	110	80	83,00 ± 0,38	2,74 ± 0,11	14,47 ± 0,64
6	30	160	50	84,80 ± 0,04	2,42 ± 0,03	13,35 ± 0,22
7	15	135	65	82,41 ± 0,09	2,78 ± 0,04	14,26 ± 0,08
8	22,5	135	65	83,19 ± 0,13	2,75 ± 0,09	14,58 ± 0,50
9	15	110	50	80,99 ± 0,11	3,11 ± 0,07	15,65 ± 0,31
10	30	135	65	83,74 ± 0,09	2,57 ± 0,01	14,66 ± 0,11
11	15	110	80	80,91 ± 0,17	3,08 ± 0,05	15,73 ± 0,26
12	22,5	135	65	81,69 ± 0,21	2,78 ± 0,06	14,79 ± 0,38
13	22,5	135	65	82,18 ± 0,16	2,58 ± 0,06	13,93 ± 0,27
14	22,5	135	65	82,42 ± 0,05	2,56 ± 0,05	13,86 ± 0,31
15	22,5	135	50	81,25 ± 0,18	2,61 ± 0,09	13,99 ± 0,33
16	22,5	110	65	81,39 ± 0,15	2,66 ± 0,04	14,17 ± 0,33
17	22,5	160	65	81,83 ± 0,13	2,57 ± 0,05	13,68 ± 0,18
18	30	110	50	82,43 ± 0,12	2,43 ± 0,01	13,45 ± 0,15
19	22,5	135	65	81,62 ± 0,04	2,60 ± 0,03	13,72 ± 0,22
20	30	160	80	82,60 ± 0,05	2,36 ± 0,02	13,21 ± 0,16

Elde edilen veriler incelenerek, püskürtmeli kurutma parametrelerinin L, a ve b değerleri üzerindeki etkisi ayrı ayrı belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin L Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Ortalamanın Karesi	F Değeri	p-değeri
Model	31,799	6	5,300	4,084	0.0160
X ₁ - Besleme Briks Derecesi	18,023	1	18,023	13,890	0.0025
X ₂ - Hava Giriş Sıcaklığı	0,041	1	0,041	0,032	0.8612
X ₃ - Hava Çıkış Sıcaklığı	2,865	1	2,865	2,208	0.1611
X ₁ X ₂	3,150	1	3,150	2,428	0.1432
X ₁ X ₃	6,579	1	6,579	5,071	0.0423
X ₂ X ₃	1,140	1	1,140	0,879	0.3657
Hata	16,869	13	1,298		
Toplam	48,667	19			

Çizelge 4.20. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama L Değerleri	Çıkış Sıcaklığı (°C)			
	50	65	80	Genel Ortalama
Giriş Sıcaklığı (°C)				
110	81,71	81,39	81,96	81,74
135	81,25	82,54	82,58	82,41
160	80,68	81,83	82,44	81,61
Genel Ortalama	81,20	82,35	82,27	82,04

Çizelge 4.21. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama L Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	15	22,5	30	Genel Ortalama
Giriş Sıcaklığı (°C)				
110	80,95	81,39	82,71	81,74
135	82,41	82,25	83,74	82,41
160	79,42	81,83	83,70	81,61
Genel Ortalama	80,63	82,12	83,31	82,04

Çizelge 4.22. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama L Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama L Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	15	22,5	30	Genel Ortalama
Çıkış Sıcaklığı (°C)				
50	78,77	81,25	83,61	81,20
65	82,41	82,17	83,74	82,35
80	81,59	82,58	82,80	82,27
Genel Ortalama	80,63	82,12	83,31	82,04

Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22 incelendiğinde L değerlerinin hava giriş sıcaklığına veya hava çıkış sıcaklığına göre değişmediği bulunmuştur ($p \geq 0,05$). Buna rağmen besleme briks derecesinin değişmesi ile L etkilenmiştir ($p < 0,05$). Bu etki Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de görülmektedir. Burada, her giriş ve çıkış sıcaklığında besleme briks derecesinin artması ile ortalama L değerlerinin de arttığı görülmektedir. Yine aynı testte hava çıkış sıcaklığı ve besleme briks dereceleri arasındaki interaksiyon da önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Aydınlık (L=100) ve karanlık (L=0) göstergesi olan L değerinin, artan besleme briks derecelerinde azalması, besleme briks derecesini ayarlamak için çöven ekstraktına ilave edilen maltodekstrinin beyaz olması ile ilgilidir. Artan L değeri ile koyu kahverengi olan çöven ekstraktından elde edilen toz ürünün aydınlık özelliğini artmış yani tozun rengi ilave edilen maltodekstrin miktarı arttıkça açılmıştır.

a değerleri için gerçekleştirilen ANOVA testinde, hava giriş ve hava çıkış sıcaklıkları ile besleme briks derecelerindeki değişmelerin bu değerler üzerindeki etkileri incelenmiştir (Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26).

Çizelge 4.23. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin a Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.

Kaynak	Kareler		Ortalamanın		F Değeri	p-değeri
	Toplamı	SD	Karesi	Değeri		
Model	2,135	6	0,356	6,213	0.0029	
X ₁ - Besleme Briks Derecesi	1,360	1	1,360	23,739	0.0003	
X ₂ - Hava Giriş Sıcaklığı	0,031	1	0,031	0,547	0.4725	
X ₃ - Hava Çıkış Sıcaklığı	0,019	1	0,019	0,334	0.5731	
X ₁ X ₂	0,257	1	0,257	4,494	0.0538	
X ₁ X ₃	0,223	1	0,223	3,889	0.0703	
X ₂ X ₃	0,245	1	0,245	4,277	0.0591	
Hata	0,745	13	0,057			
Toplam	2,880	19				

Çizelge 4.24. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama a Değerleri	Çıkış Sıcaklığı (°C)			Genel Ortalama
	50	65	80	
Giriş Sıcaklığı (°C)				
110	2,77	2,66	2,91	2,80
135	2,61	2,68	2,99	2,70
160	3,28	2,57	2,72	2,92
Genel Ortalama	2,94	2,66	2,85	2,78

Çizelge 4.25. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama a Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Giriş Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
110	3,09	2,66	2,58	2,80
135	2,78	2,71	2,57	2,70
160	3,62	2,57	2,39	2,92
Genel Ortalama	3,24	2,69	2,50	2,78

Çizelge 4.26. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama a Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama a Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Çıkış Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
50	3,62	2,61	2,42	2,94
65	2,78	2,66	2,57	2,66
80	3,09	2,99	2,55	2,85
Genel Ortalama	3,24	2,69	2,50	2,78

Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26 incelendiğinde, hava giriş ve hava çıkış sıcaklıklarındaki herhangi bir değişimin a değerlerini önemli düzeyde değiştirmedeği görülmektedir ($p \geq 0,05$). Buna rağmen, Çizelge 4.23 incelendiğinde besleme briks derecesindeki değişimin a değerlerinde önemli bir değişime sebep olduğu görülmektedir. Yine Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26 incelendiğinde besleme briks derecesi arttıkça a değerlerinin düştüğü bulgulanmıştır ($p < 0,05$).

Kırmızılık (+a) – yeşillik (-a) göstergesi olan a değerinin azalması yine L değerlerindeki değişimin sebebi ile benzerlik göstermektedir. Koyu kahverengi çöven ekstraktının içerisine besleme briks derecesine göre eklenen maltodekstrin maddesi beyaz renklidir. Çöven ekstraktlarına, artan besleme briks dereceleri için oransal olarak daha fazla maltodekstrin ilavesi yapılmıştır. Bu sebeple de yüksek besleme briks derecelerinde elde edilen tozların a değerleri daha düşük bulunmuştur.

b değerleri için gerçekleştirilen ANOVA testinde, hava giriş ve hava çıkış sıcaklıkları ile besleme briks derecelerinin bu değerler üzerindeki

etkileri incelenmiştir (Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30).

Çizelge 4.27. Püskürtmeli Kurutma Parametrelerinin b Değerleri Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Tablosu.

Kaynak	Kareler		Ortalamanın		F Değeri	p-değeri
	Toplamı	SD	Karesi			
Model	19,588	6	3,265		3,535	0.0267
X ₁ - Besleme Briks Derecesi	11,020	1	11,020		11,934	0.0043
X ₂ - Hava Giriş Sıcaklığı	0,055	1	0,055		0,060	0.8108
X ₃ - Hava Çıkış Sıcaklığı	0,158	1	0,158		0,171	0.6857
X ₁ X ₂	1,948	1	1,948		2,109	0.1701
X ₁ X ₃	2,925	1	2,925		3,168	0.0985
X ₂ X ₃	3,482	1	3,482		3,770	0.0742
Hata	12,004	13	0,923			
Toplam	31,592	19				

Çizelge 4.28. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Hava Çıkış Sıcaklıklarında Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama b Değerleri	Çıkış Sıcaklığı (°C)			
	Giriş Sıcaklığı (°C)	50	65	80
110	14,55	14,17	15,10	14,69
135	13,99	14,32	15,80	14,43
160	16,18	13,68	14,09	14,84
Genel Ortalama	15,09	14,24	14,84	14,60

Çizelge 4.29. Farklı Hava Giriş Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama b Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Giriş Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
110	15,69	14,17	13,96	14,69
135	14,26	14,43	14,66	14,43
160	16,99	13,68	13,28	14,84
Genel Ortalama	15,92	14,33	13,82	14,60

Çizelge 4.30. Farklı Hava Çıkış Sıcaklıkları ve Farklı Besleme Briks Derecelerinde Ortalama b Değerleri ile Hazırlanmış Özet Tablo.

Ortalama b Değerleri	Besleme Briks Derecesi (°Bx)			
	Çıkış Sıcaklığı (°C)	15	22,5	30
50	17,33	13,99	13,40	15,09
65	14,26	14,19	14,66	14,24
80	15,35	15,80	13,84	14,84
Genel Ortalama	15,92	14,33	13,82	14,60

Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30 incelendiğinde de görüldüğü gibi hava giriş ve hava çıkış sıcaklıklarındaki herhangi bir değişim sarılık (+b) – mavilik (-b) indeksi olan b değerlerini önemli düzeyde değiştirmemesine ($p \geq 0,05$) rağmen besleme briks derecesindeki değişim, b değerlerini önemli derecede etkilemiştir ($p < 0,05$). Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30'daki değerler incelendiğinde, artan besleme briks derecelerinin, b değerlerini azalttığı görülebilmektedir.

4.9. Optimizasyon

Çöven ekstraktı tozu eldesi için püskürtmeli kurutma parametrelerinin optimizasyonu için kullanılacak yanıtlar, model uyumlulukları göz önünde bulundurularak, nem miktarı, su aktivitesi, toplam saponin niceliği ve oluşan köpük hacmi olarak belirlenmiştir.

Bu aşamada, Design-Expert 7.0 programı ile oluşturulmuş olan deneme planına göre (Çizelge 3.2) analizler yapılarak yanıtlar kaydedilmiştir. Her yanıtın sonuçları incelenmiş ve yanıtlara göre modele hangi terimlerin eklenmesi gerektiği Design-Expert 7.0 yazılımı tarafından önerilmiştir. Bu aşamada, model ile deneysel sonuçlar arasında daha doğru bir fonksiyonel ilişki için polinomiyal model seçilmiştir (Dean and Voss, 1999 ; Montgomery, 2001). Seçilmiş olan modele, optimizasyonda kullanılacak olan yanıtların uygunluğu kontrol edilmiş ve modelin her yanıt için $\alpha = 0,01$ düzeyinde önemli, model uyumsuzluğunun (lack of fit) $0,05$ düzeyinde önemsiz olduğu bulunmuştur. Bunun yanı sıra optimizasyona katılan yanıtların "Adequate Precision" değerleri incelenmiş ve "4" değerinden yüksek oldukları saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Optimizasyona katılacak yanıtların hedefleri ve önem dereceleri, çöven ekstraktının gıda sanayisindeki kullanım alanlarına göre değişiklik göstermiştir.

4.9.1. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozu için Optimum Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi

Tahin helvası üretimi ele alındığında, üretimde kullanılacak çöven ekstraktı tozlarının yüksek oranda saponin içermesi istenmektedir. Bunun yanı sıra yüksek nem miktarı, depolama sırasında tozların birbirine yapışıp topaklanmasına ayrıca su aktivitesinin artmasına sebep olacağından nem miktarının az olması istenmektedir. Depolanma ömrünü etkileyen su aktivitesi değerinin de düşük olması istenmektedir. Tahin helvası üretiminde, çöven ekstraktının oluşturduğu köpük kullanılmadığından köpük oluşturma özelliği bu üretim için önemli bir değişken değildir fakat püskürtmeli kurutma öncesindeki çöven ekstraktının köpürme özelliğinin de kurutma sonrasında çok fazla azalması istenmemektedir. Bu sebeple bu özelliğin önem derecesi diğerlerine nazaran daha düşük tutulmuştur.

Bu kriterlerden yola çıkarak, tahin helvası üretimlerinde kullanılmak için optimize edilen püskürtmeli kurutma parametreleri için Çizelge 4.31'deki yanıtlar, hedefleri ve önem dereceleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılmak Üzere Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozları için Optimizasyonda Kullanılan Yanıtlar ve Bunların Hedef ve Önem Dereceleri.

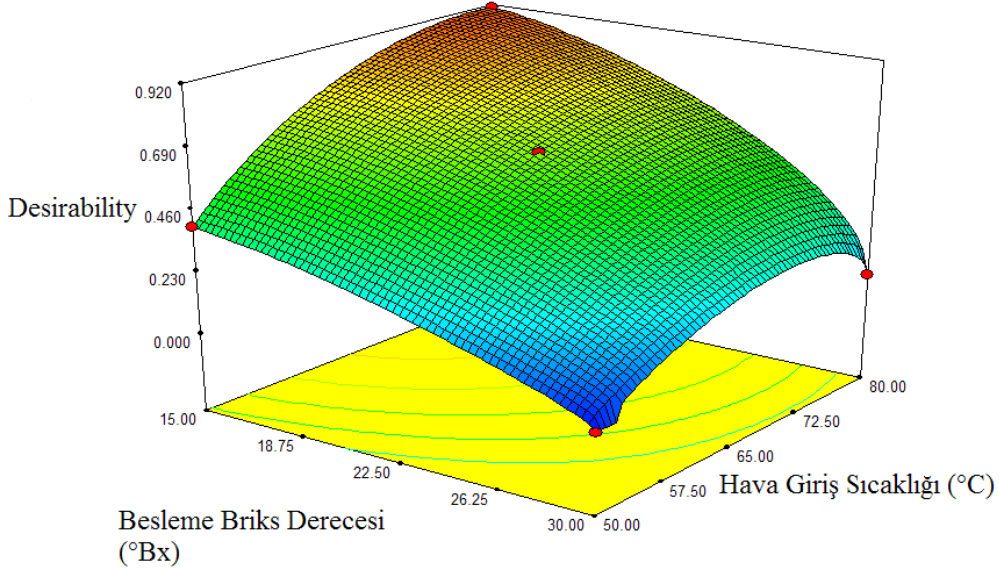
Yanıt	Hedef	Önem Derecesi (1-5)
Nem Miktarı	Minimum	3
Su Aktivitesi	Minimum	3
Toplam Saponin Miktarı	Maksimum	3
Köpürme	Maksimum	1

İstenilen koşulların oluşturulması adına “desirability” fonksiyonu yaklaşımı uygulanmış ve optimum nokta için 13 adet çözüm bulunmuştur (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Tahin Helvası Üretiminde Kullanılmak Amacıyla Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozlarında Desirability Fonksiyonu Yaklaşımı İle Belirlenen Optimum Nokta Çözümleri.

No	Besleme Briks Derecesi	Hava Giriş Sıcaklığı	Hava Çıkış Sıcaklığı	Nem Miktarı (%)	Su Aktivitesi	Toplam Saponin Miktarı (%) (KM Bazında)	Köpük Hacmi (mL)	Desirability
1	15,00	110,00	78,68	1,170	0,086	7,293	95,194	0,91125
2	15,00	110,00	78,51	1,172	0,086	7,296	95,143	0,91123
3	15,00	110,00	78,32	1,174	0,085	7,300	95,086	0,91117
4	15,00	110,00	79,17	1,166	0,086	7,282	95,337	0,91113
5	15,00	112,14	77,67	1,293	0,093	7,292	94,682	0,89242
6	16,32	110,00	74,90	1,214	0,082	6,773	96,623	0,88613
7	16,86	110,00	75,52	1,176	0,079	6,531	97,649	0,87902
8	15,00	160,00	75,36	1,742	0,096	7,171	98,372	0,86636
9	15,00	160,00	75,19	1,744	0,096	7,172	98,378	0,86634
10	15,00	160,00	74,80	1,750	0,096	7,173	98,389	0,86618
11	15,00	159,85	76,10	1,741	0,097	7,167	98,313	0,86499
12	15,46	160,00	80,00	1,738	0,102	6,944	99,105	0,84953
13	16,12	160,00	77,13	1,691	0,095	6,693	100,344	0,84931

Çizelge 4.32 incelendiğinde elde edilen “desirability” değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Buradan en yüksek desirability değerlerine sahip olan 1, 2, 3, 4 numaralı çözümlerin “desirability” ve parametre değerleri birbirlerine çok yakın olduğundan tahin helvası üretimleri için kullanılacak çöven ekstraktı tozlarının kurutulmasında optimum besleme briks derecesi $15\pm 0^\circ\text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110\pm 0^\circ\text{C}$ ve hava çıkış sıcaklığı $78,67\pm 0,36^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Elde edilmiş olan bu optimum noktalara ait yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.14’de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozları İçin Optimum Kurutma Parametrelerini Gösteren Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri.

4.9.2. Paşa (Sultan) Lokumu Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozu için Optimum Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi

Paşa (sultan) lokumu üretimleri için kullanılacak çöven ekstraktı tozlarının yüksek oranda saponin içermesi istenmektedir. Ayrıca, paşa lokumu üretimlerinde kullanılmak amacı ile üretilmiş olan çöven ekstraktında da nem miktarı ve su aktivitesinin depolama açısından düşük olması istenmektedir. Bunun yanı sıra, paşa (sultan) lokumlarının üretimlerinde, çöven ekstraktının oluşturduğu köpük kullanıldığı dikkate alınarak elde edilmiş olan tozların köpük hacimlerinin yüksek olması beklenmektedir.

Bu kriterlerden yola çıkarak, paşa (sultan) lokumu üretimlerinde kullanılmak için optimize edilen püskürtmeli kurutma parametreleri için Çizelge 4.33'deki yanıtlar, hedefleri ve önem dereceleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Paşa (Sultan) Lokumu Üretimlerinde Kullanılmak Üzere Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozları için Optimizasyonda Kullanılan Yanıtlar ve Bunların Hedef ve Önem Dereceleri.

Yanıt	Hedef	Önem Derecesi (1-5)
Nem Miktarı	Minimum	3
Su Aktivitesi	Minimum	3
Toplam Saponin Miktarı	Maksimum	3
Köpürme	Maksimum	3

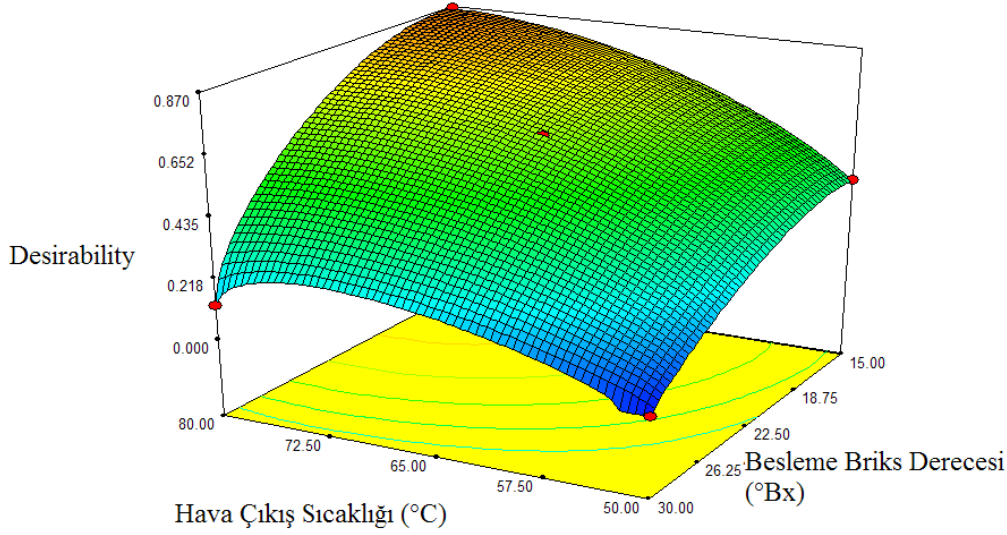
İstenilen koşulların oluşturulması adına “desirability” fonksiyonu yaklaşımı uygulanmış ve optimum nokta için 13 adet çözüm bulunmuştur. (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Paşa (Sultan) Lokumu Üretiminde Kullanılmak Amacıyla Elde Edilen Çöven Ekstraktı Tozlarında Desirability Fonksiyonu Yaklaşımı İle Belirlenen Optimum Nokta Çözümleri.

No	Besleme Briks Derecesi	Hava Giriş Sıcaklığı	Hava Çıkış Sıcaklığı	Nem Miktarı (%)	Su Aktivitesi	Toplam Saponin Miktarı (%) (KM Bazında)	Köpük Hacmi (mL)	Desirability
1	15,83	110,00	80,00	1,124	0,083	6,889	97,232	0,86483
2	15,90	110,02	80,00	1,121	0,083	6,855	97,368	0,86469
3	16,09	110,00	78,56	1,126	0,081	6,803	97,293	0,86295
4	15,68	110,37	80,00	1,150	0,086	6,951	96,909	0,86207
5	16,39	110,68	80,00	1,135	0,084	6,638	98,111	0,86024
6	15,54	160,00	75,36	1,724	0,095	6,942	99,414	0,84679
7	15,55	160,00	75,24	1,726	0,095	6,937	99,441	0,84679
8	15,68	160,00	75,44	1,719	0,095	6,884	99,657	0,84673
9	15,70	160,00	75,09	1,723	0,095	6,876	99,710	0,84667
10	15,72	160,00	75,78	1,714	0,095	6,866	99,717	0,84661
11	15,28	160,00	75,29	1,734	0,096	7,051	98,932	0,84657
12	15,69	160,00	76,28	1,710	0,095	6,875	99,652	0,84634
13	15,94	160,00	74,34	1,730	0,094	6,781	100,138	0,84573

Çizelge 4.34 incelendiğinde elde edilen “desirability” değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Buradan en yüksek desirability değerlerine sahip olan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı çözümlerin “desirability” ve parametre değerleri birbirlerine çok yakın olduğundan paşa (sultan) lokumu üretimleri

için kullanılacak çöven ekstraktı tozlarının kurutulmasında optimum besleme briks derecesi $15,98 \pm 0,27^\circ\text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110,21 \pm 0,3^\circ\text{C}$, hava çıkış sıcaklığı $79,71 \pm 0,64^\circ\text{C}$ 'dir. Elde edilmiş olan bu optimum noktalara ait yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Tahin Helvası Üretimlerinde Kullanılacak Çöven Ekstraktı Tozları İçin Optimum Kurutma Parametrelerini Gösteren Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, tahin helvası ve paşa lokumu üretimlerinde kullanılan ve bu ürünlerde karakteristik özelliklerin gelişmesini sağlayan çöven ekstraktının püskürtmeli kurutucuda kurutulması ve kurutma parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışılmıştır. Optimizasyonu gerçekleştirilen bağımsız değişkenler (püskürtmeli kurutma parametreleri) hava giriş sıcaklığı, hava çıkış sıcaklığı ve besleme briks derecesi olarak belirlenmiştir. Bağımlı değişkenler olarak (yanıtlar) nem, su aktivitesi, toplam saponin miktarı, yığın yoğunluğu, çözünürlük, köpürme ve renk seçilmiştir.

Yanıtlar ile değişkenler arasındaki matematiksel modellerin geliştirilebilmesi için gerekli olan deneysel veriler Yüzey Merkezli İstatistiksel Dizayn (Face Centered Composite Statistical Design) deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Deneme planı modellenmesi Design-Expert 7.0 yazılımında gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım ile yanıtların her biri için model uygunlukları test edilmiş ve yanıtlardan nem miktarı, su aktivitesi, toplam

saponin miktarı ve köpürmenin modele uyum sağladığı görülerek optimizasyonda bu yanıtlar kullanılmıştır.

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen çöven ekstraktı tozlarında nem değeri üzerine sadece hava çıkış sıcaklığının etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Buna bağlı olarak hava çıkış sıcaklığının yükselmesi, elde edilmiş olan çöven ekstraktı tozlarındaki nem değerini düşürmüştür.

Su aktivitesi değerleri incelendiğinde, nem değerlerine benzer sonuçlara ulaşılmış ve hava çıkış sıcaklığının artmasının çöven ekstrakt tozlarında su aktivitesi değerini düşürdüğü bulunmuştur ($p<0,05$). Su aktivitesi ile ürünün nem içeriği ve gıdanın bileşimi arasında ilişki olduğu da bilinmektedir (Cemeroğlu, 2004 ; Pazır, 2008).

Gerçekleştirilen toplam saponin tayini sonuçları değerlendirildiğinde, besleme briks derecesinin artması ile saponin miktarlarının azaldığı bulgulanmıştır ($p<0,05$).

Köpürme tayini kapsamında, köpük hacimleri incelenen çöven ekstraktı tozlarının, besleme briks derecesi $22,5^{\circ}\text{Bx}$ olduğunda en yüksek köpük hacmi değerlerine sahip oldukları bulunmuştur. Bu değer üzerinde veya altındaki besleme briks derecelerinde oluşan köpük hacmi azalmıştır ($p<0,05$). Bunun yanı sıra, hava giriş sıcaklığının artmasının oluşan köpük hacmini de arttırdığı bulunmuştur.

Yığın yoğunluğu analizleri incelendiğinde, besleme briks derecesi arttıkça örneklerin yığın yoğunluğu değerlerinin arttığı, hava giriş ve hava çıkış sıcaklıkları arttıkça yığın yoğunluklarının azaldığı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çözünürlük analizi ile çözünme süreleri bulunan çöven ekstraktı tozlarının besleme briks derecesi yükseldikçe çözünme sürelerinin arttığı bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanında, hava giriş ve hava çıkış sıcaklığındaki değişimler çözünme süresini değiştirmemiştir.

Yapılan renk analizlerinde, aydınlık ($L = +100$) – karanlık ($L = 0$) L değerlerinin besleme briks derecesinin artması ile arttığı bulunmuştur ($p<0,05$). Burada, besleme briks derecesinin yükseltilmesi için çöven

ekstraktına ilave edilen maltodekstrin'in beyaz renkli olmasının büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, a ($a > 0$ kırmızılık ; $a < 0$ yeşillik) ve b ($b > 0$ sarılık ; $b < 0$ mavilik) değerleri de hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının değişmesinden etkilenmemişlerdir. Fakat besleme briks derecesi arttıkça a ve b değerleri artmıştır ($p < 0,05$).

Parametrelerin optimizasyonu aşamasında, “desirability” fonksiyonu yaklaşımı kullanılmış ve en yüksek desirability değerine sahip noktalar optimum olarak kabul edilmiştir. Optimizasyon için çöven ekstraktlarının endüstriyel kullanımları göz önünde bulundurulmuştur. Elde edilen çöven ekstraktı tozlarının, tahin helvası üretimi açısından yüksek saponin içerikli, paşa (sultan) lokumu üretimi açısından hem yüksek saponin içerikli hem de yüksek köpük hacmine sahip ve raf ömrünün uzun olması açısından da düşük su aktivitesine sahip olması istenmiştir.

Sonuç olarak, yapılan optimizasyon sonucunda tahin helvasında kullanılmak üzere çöven ekstrakt tozlarının elde edilmesinde, optimum püskürtmeli kurutma parametreleri, besleme briks derecesi $15,98 \pm 0,27^\circ \text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110,21 \pm 0,3^\circ \text{C}$, hava çıkış sıcaklığı $79,71 \pm 0,64^\circ \text{C}$ olarak bulunmuştur. Yine, gerçekleştirilmiş optimizasyon sonucunda paşa lokumu üretimlerinde kullanılmak üzere çöven ekstrakt tozlarının elde edilmesinde, optimum püskürtmeli kurutma parametreleri, besleme briks derecesi $15,98 \pm 0,27^\circ \text{Bx}$, hava giriş sıcaklığı $110,21 \pm 0,3^\circ \text{C}$, hava çıkış sıcaklığı $79,71 \pm 0,64^\circ \text{C}$ olarak belirlenmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda bu yeni toz ürünün depolama denemelerinin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra, tahin helvası ve paşa (sultan) lokumu üretimlerinde kullanılacak çöven ekstraktı tozları için belirlenen optimum kurutma parametrelerinde bir kurutmanın yapılarak sonuçların doğrulanması ve bu tozun endüstriyel anlamda tahin helvası ve paşa (sultan) lokumu üretiminde kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akbaba H.**, 1990, Püskürtmeli Kurutucuda Meyan Şerbetinin Dinamik ve Fiziksel Özelliklerinin Ürüne Etkisi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 70s.
- Altan A. ve Maskan M.**, 2004, Gilaboru (*Viburnum Opulus L.*) Meyvesinden Hazır İçecek Tozu Eldesi Üzerine Çalışmalar, Geleneksel Gıdalar Sempozyum Notları, Van.
- Anonymous. 1995**, AOAC Official methods of Analysis of the Association Agricultural Chemists, ed. Board William Harwitz, Chairman and ed. Committee on editing methods of analysis. Chichilo, P., Clifford P.A., Reynolds H., 10th ed.
- Anonymous. 1997**, http://www.foodproductdesign.com/articles/463/463_0897_de.html (Erişim Tarihi : 25.12.2009).
- Anonymous. 2007**, <http://www.cargillexcipients.com/index.php?id=20>, (Erişim Tarihi : 25.12.2009).
- Anonymous. 2008a**, <http://www.hammaddeler.com/> (Erişim Tarihi : 25.12.2009).
- Anonymous. 2008b**, www.yilmazkimya.com.tr/admin/dosyalar/MALTODEXTRIN.doc, (Erişim Tarihi : 25.12.2009).
- Baran A. ve Fenercioğlu H.**, 1991, Meyankökünden Elde Edilen Ekstraktın Özelliklerinin Belirlenmesi ve Dayandırılması Üzerine Bir Araştırma, *Gıda*, 16(6), 391-396.
- Battal H.**, 2002, Çöven Ekstraktı Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 44s.
- Baylan N., Artık N. ve Cemeroğlu B.**, 1993, Tahin Helvalarında Saponin Miktarı Üzerine Araştırma, *Doğa – Tr. J. Of Agricultural and Forestry*, 17, 785-800.
- Cai Y.Z. and Corke H.**, 2000, Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments, *Journal of Food Science*, 65(6), 1249-1251.
- Cano-Chauca M., Stringheta P.C., Sardagna L.D. and Cal-Vidal J.** 2004, Drying 2004, *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*, C, 2005-2012.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Cemeroğlu B.**, 2004, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 627s.
- Cemeroğlu B.**, 2007, Gıda Analizleri, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 530s.
- Ceyhun E.A.**, 2003, Türk Tahin Helvalarında Saponin Miktarının HPLC ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 50s.
- Chegini G. R. and Ghobadian B.**, 2005, Effect of Spray-Drying Conditions on Physical Properties of Orange Juice Powder, *Drying Technology*, 23, 657-668.
- Chopda A. and Barrett B.**, 2001, Optimization Of Guava Juice And Powder Production, *Journal of Food Processing and Preservation*, 25(6), 411-430.
- Çelik İ., Yılmaz Y., Işık F. ve Üstün Ö.**, 2007, Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters, *Food Chemistry* 101, 907–911
- Dean A. and Voss D.**, 1999, Design and Analyses of Experiments, *Springer-Verlag New York Inc.* 764p
- Demirdöven A.**, 2009, Portakal Suyu Üretiminde Bazı Elektriksel Yöntemlerin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 233s.
- Dokic P., Dokic L., Sovilj V. and Katona J.**, 2004, Influence Of Maltodextrin Dextrose Equivalent Value On Rheological And Dispersion Properties Of Sunflower Oil In Water Emulsions, *APTEFF*, 35, 1-280.
- Eren İ.**, 2004, Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun “Response Surface” Metodu Kullanılarak Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 119s
- Ersus S.**, 2004, Kara Havuç (*Daucus carota L.*) Antosiyanin Ekstraktının Püskürtmeli Kurutucu Kullanılarak Mikroenkapsilasyonu, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 167s.
- Goula A. and Adamopoulos K.**, 2005, Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties, 1th Ed.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Hunterlab**, 2009, Colorflex Instructions Manual, Hunter Associates Laboratory, Inc
- İnan M.**, 2006, Çukurova Koşullarında Farklı Kökenli Çöven (*Gypsophila* Sp.) Türlerinde Kök Verimleri ve Saponin İçeriklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 90s.
- KKGM**, Türk Gıda Kodeksi, Lokum Tebliği, 2004, Resmi Gazete 25469, Ankara
- KKGM**, Türk Gıda Kodeksi, Tahin Helvası Tebliği, 2008, Resmi Gazete 26807, Ankara
- Koç B.**, 2008, Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Yoğurt Tozu Üretim Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 204s.
- Koç M.**, 2009, Pastörize Sıvı Yumurtanın Püskürtmeli Kurutma Yöntemi İle Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 230s.
- Kolanowski W., Jaworska D., Weißbrodt J. and Kunz B.**, 2007, Sensory Assessment of Microencapsulated Fish Oil Powder, *J Amer Oil Chem Soc.*, 84, 37–45
- Lazic Z.R.**, 2004, Designs of Experiments in Chemical Engineering, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Montgomery D. C.**, Design and Analysis of Experiments, 2001, *John Wiley and Sons Inc.*, 5th ed., 697p.
- Pazır F.**, 2008, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Ders Notları, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Poslu H.**, 2006, *Gypsophila Eriocalyx Boiss*'den Saponin Ekstraksiyonu ve Kimyasal Yapısının Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 56s
- Testo Electronics**, 1999, Testo 350XL Instructions and Manual, Testo AG Germany.
- TSE**, TS2590, Tahin Helvası Standardı, 2006, Ankara
- TSE**, TS8444, Lokum Standardı, 2006, Ankara

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Uslu, K. M., Erbaş M., Turhan İ, Tetik N ve Certel M,** 2004, Çöğen Suyu ve Farklı Oranlarda Nişasta Katılarak Üretilen Lokumların Yapısal ve Duyusal Özellikleri, Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Üçüncü M.,** 2005, Süt ve Mamülleri Teknolojisi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 571s.
- Ünsal M. ve Nas S.,** 1995, Tahin Helvasının ve Yağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, *Gıda*, 20(1), 43-47
- Yoshii H., Soottitantawat A., Liu X., Atarashi T., Furuta T., Aishima S., Ohgawara M. and Linko P.,** 2001, Flavor release from spray-dried maltodextrin gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 55-61
- Yurdagel Ü, Birim İ ve Sağlam R,** 1994, Çöven Kökü Özütünün Eldesi ve Bileşimi Üzerine Araştırmalar, *E.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi* : *Gıda Mühendisliği*, 11(1-2), 165-170

EKLER

Ek 1.1. Nem Tayini için Model Uyumluluk Özetlerini Gösteren Tablolar.

Aşamalı Model Kareler Toplamı					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Ortalama ile Toplam	160,633	1	160,633		
Lineer ile Ortalama	27,894	3	9,298	29,940	< 0.0001
2FI ile Lineer	1,119	3	0,373	1,259	0.3290
Kuadratik ile 2FI*	1,903	3	0,634	3,259	0.0679
Kübik ile Kuadratik	0,968	4	0,242	1,484	0.3165
Kalıntı	0,978	6	0,163		
Toplam	193,496	20	9,675		

Model Uygunsuzluğu Testi					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Lineer	3,991	11	0,363	1,856	0.2564
2FI	2,873	8	0,359	1,837	0.2607
Kuadratik*	0,969	5	0,194	0,992	0.5036
Kübik	0,001	1	0,001	0,005	0.9455
Saf Hata	0,977	5	0,195		

Model Özeti İstatistikleri					
Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	0,55727	0,84880	0,82045	0,75043	8,20148
2FI	0,54420	0,88285	0,82877	0,64934	11,52334
Kuadratik*	0,44120	0,94077	0,88745	0,63784	11,90126
Kübik	0,40382	0,97023	0,90572	0,92407	2,49516

Ek 1.2. Su Aktivitesi için Model Uyumluluk Özetlerini Gösteren Tablolar.

Aşamalı Model Kareler Toplamı					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Ortalama ile Toplam	0,568	1	0,568		
Lineer ile Ortalama	0,094	3	0,031	27,589	< 0.0001
2FI ile Lineer	0,003	3	0,001	0,965	0.4385
Kuadratik ile 2FI*	0,011	3	0,004	9,782	0.0025
Kübik ile Kuadratik	0,002	4	0,000	1,532	0.3045
Kalıntı	0,002	6	0,000		
Toplam	0,681	20	0,034		

Model Uygunsuzluğu Testi					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Lineer	0,017	11	0,002	4,280	0.0603
2FI	0,013	8	0,002	4,699	0.0525
Kuadratik*	0,002	5	0,000	1,165	0.4355
Kübik	0,000	1	0,000	0,354	0.5776
Saf Hata	0,002	5	0,000		

Model Özeti İstatistikleri					
Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	0,03379	0,83800	0,80763	0,74370	0,02890
2FI	0,03390	0,86751	0,80637	0,70882	0,03283
Kuadratik*	0,01948	0,96633	0,93602	0,82445	0,01979
Kübik	0,01769	0,98334	0,94726	-0,37426	0,15494

Ek 1.3. Toplam Saponin Miktarı için Model Uyumluluk Özetlerini Gösteren Tablolar.

Aşamalı Model Kareler Toplamı					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Ortalama ile Toplam	452,334	1	452,334		
Lineer ile Ortalama	44,117	3	14,706	101,272	< 0.0001
2FI ile Lineer	0,188	3	0,063	0,383	0.7673
Kuadratik ile 2FI*	1,817	3	0,606	19,034	0.0002
Kübik ile Kuadratik	0,068	4	0,017	0,407	0.7986
Kalıntı	0,250	6	0,042		
Toplam	498,774	20	24,939		

Model Uygunsuzluğu Testi					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Lineer	2,239	11	0,204	12,139	0.0064
2FI	2,051	8	0,256	15,286	0.0041
Kuadratik*	0,234	5	0,047	2,794	0.1420
Kübik	0,166	1	0,166	9,925	0.0254
Saf Hata	0,084	5	0,017		

Model Özeti İstatistikleri					
Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R²	Adj-R²	Pred R²	PRESS
Lineer	0,38106	0,94997	0,94059	0,92133	3,65367
2FI	0,40524	0,95403	0,93281	0,81071	8,79079
Kuadratik*	0,17837	0,99315	0,98698	0,96899	1,44016
Kübik	0,20425	0,99461	0,98293	-3,40646	204,63685

Ek 1.4. Toplam Saponin Miktarı için Model Uyumluluk Özetlerini Gösteren Tablolar.

Aşamalı Model Kareler Toplamı					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Ortalama ile Toplam	174377,813	1	174377,813		
Lineer ile Ortalama	475,472	3	158,491	3,879	0.0293
2FI ile Lineer	52,594	3	17,531	0,379	0.7697
Kuadratik ile 2FI*	493,600	3	164,533	15,291	0.0005
Kübik ile Kuadratik	5,222	4	1,306	0,077	0.9868
Kalıntı	102,382	6	17,064		
Toplam	175507,083	20	8775,354		

Model Uygunsuzluğu Testi					
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p-Değeri
Lineer	569,035	11	51,730	3,051	0.1141
2FI	516,441	8	64,555	3,808	0.0786
Kuadratik*	22,841	5	4,568	0,269	0.9118
Kübik	17,618	1	17,618	1,039	0.3548
Saf Hata	84,764	5	16,953		

Model Özeti İstatistikleri					
Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	6,39237	0,42104	0,31249	0,02932	1096,15659
2FI	6,80048	0,46762	0,22190	-1,65770	3001,26279
Kuadratik*	3,28031	0,90471	0,81896	0,79164	235,29801
Kübik	4,13082	0,90934	0,71290	-18,26626	21756,8304

ÖZGEÇMİŞ



Onur ÖZDİKİCİERLER

1983 yılında İzmir’de doğmuştur. İlköğrenimini Bozkır / Konya, Bingöl ve Karabük’te, ortaöğrenimini Karabük’te, lise öğrenimini de Muğla’da tamamlamıştır. 2002 – 2007 yılları arasında Lisans eğitimini, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde tamamlamış ve 2008 yılında Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Meyve-Sebze Teknolojisi bölümünde yürüttüğü yüksek lisans eğitimini 2010 yılında tamamlamıştır.