EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

PÜSKÜRTMELİ KURUTUCU İLE ISPANAK VE HAVUÇ SULARININ KURUTULMASI VE ÖRNEK GIDA SİSTEMİNDE DENENMESİ

Gülşah ÇALIŞKAN KOÇ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 614.02.00

Sunuş Tarihi: 11.01.2018

Bornova-İZMİR

2018

Gülşah ÇALIŞKAN KOÇ tarafından doktora tezi olarak sunulan "Püskürtmeli Kurutucu ile Ispanak ve Havuç Sularının Kurutulması ve Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi " başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi 'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 11.01.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:		**İmza**
Jüri Başkanı	**: Doç. Dr. S. Nur DİRİM**	.....
Raportör Üye	**: Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOÇ**	.....
Üye	**: Prof. Dr. Figen ERTEKİN**	.....
Üye	**: Prof. Dr. Figen TOKATLI**	.....
Üye	**: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN**	.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum "Püskürtmeli Kurutucu ile Ispanak ve Havuç Sularının Kurutulması ve Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi" başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11 / 01 / 2018

Gülşah ÇALIŞKAN KOÇ



PÜSKÜRTMELİ KURUTUCU İLE ISPANAK VE HAVUÇ SULARININ KURUTULMASI VE ÖRNEK GIDA SİSTEMİNDE DENENMESİ

ÇALIŞKAN KOÇ, Gülşah

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM

Ocak, 2018, 265 sayfa

ÖZET

Ispanak ve havuç Türkiye'de yüksek miktarlarda yetiştirilen sebzelerdir. Üretim verileri göz önüne alındığında çeşitli yöntemlerle ıspanak ve havuç kullanımının ve raf ömrünün arttırılmasının; ülkemiz için ekonomik ve tarımsal fayda sağlayacağı gözler önüne serilmektedir. Bu tez kapsamında, ıspanak ve havuç suyunun liflerinden uzaklaştırılarak, sindirimi kolay toz ürün formuna dönüştürülmesi ve püskürtmeli kurutucuda kurutulmasıyla; çorbalarda, salata soslarında, bebek mamalarında, yemeklerde ve detoks suları gibi özel amaçlı ürünlerde ve ayrıca lezzet ve renk ajanı gibi katkı maddesi olarak kullanılabilecek toz ürün üretimi hedeflenmiştir. Böylece, ıspanak ve havuçların raf ömrü arttırılmış, paketleme, depolama, taşıma ve doz ayarlama kolaylığı sağlanmış, üretim fazlası değerlendirilerek atık oluşumu engellenmiş ve ekonomik potansiyeli ve kullanım alanları (kozmetik, ilaç sanayi vb.) arttırılmış olacaktır. Bu tez çalışmasının amacı, püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak ve havuç suyu tozu eldesi ve kurutma işlemi sırasında işlem parametrelerinin (hava giriş ve çıkış sıcaklığı) ve farklı kurutma ajanlarının ve konsantrasyonlarının son ürünün kalite özellikleri (fiziksel, kimyasal ve toz ürün özellikleri, morfoloji ve camsı geçiş sıcaklığı) üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

Bu amaçla, ıspanak suları kurutma ajanı kullanılmadan, havuç suları ise kurutma ajanı eklenmeksizin kurutulması mümkün olmadığı için, farklı oranlarda (12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip olacak miktarda) maltodekstrin (18-20 DE), peynir altı tozu ve gam Arabik ilave edilerek püskürtmeli kurutucuda (160-200°C/ 80-100 °C hava giriş/çıkış sıcaklıkları) kurutulmuştur. Ispanak ve havuç sularına ısı uygulamasından kaynaklanabilecek kayıplara neden olmamak amacıyla herhangi bir ön evaporasyon/ ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Elde edilen toz

ürünlerin fiziksel (nem içeriği, su aktivitesi, renk ve pH), kimyasal (C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil (ıspanak tozları için) ve toplam fenolik madde miktarı ve mineral madde içeriği) ve toz ürün özelliklerinde (çözünürlük, ıslanabilirlik, dağılabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, yapışkanlık ve dağılabilirlik), camsı geçiş sıcaklığı ve morfolojisinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Ayrıca, püskürtmeli kurutucunun enerji verimi ve toz ürün veriminin belirlenmesi de tez çalışmasının kapsamı içindedir.

Seçilen kurutma koşullarında üretilen (160/100 °C) sade ıspanak tozları ve maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları alüminyum kaplı polietilen ambalajda ambalajlandıktan sonra 3 farklı sıcaklıkta (+4±2 °C, +20 ±2 °C ve +30±2 °C) depolanmış ve depolama boyunca ıspanak ve havuç suyu tozlarında meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Depolama süresi ıspanak suyu tozları için 5 ay, havuç suyu tozları için ise 3 ay olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca 30 günlük periyodlarla sebze tozlarının fiziksel (nem içeriği, su aktivitesi, renk ve pH), kimyasal (C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil (ıspanak tozları için) ve toplam fenolik madde miktarı) ve toz ürün özelliklerinde (çözünürlük, ıslanabilirlik, dağılabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik ve yapışkanlık) meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Elde edilen ıspanak ve havuç suyu tozlarının tüketici tarafından tercih edilirliğinin belirlenmesi amacıyla örnek gıda sistemi olarak süzme yoğurt seçilmiş ve ıspanak/havuç suyu tozu içeren dip sos üretilmiştir Üretilen ıspanak/ havuç suyu tozları örnek gıda olarak seçilen süzme yoğurda farklı oranlarda ilave edilerek dip sos yapılmıştır. Yarı eğitilmiş 15 panelist ile duyusal olarak dip sosların; renk, koku, kaşıkta ve ağızda kıvam, homojen ve jelimsi yapı, lezzet, yabancı lezzet ve genel beğeni özellikleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler; ıspanak, havuç, toz ürün, püskürtmeli kurutucu, kurutma ajanı, fiziksel özellikler, verim, enerji tüketimi, kimyasal kompozisyon, toz özellikler, depolama

SPRAY DRYING OF SPINACH AND CARROT JUICES AND THEIR UTILIZATION IN A FOOD SYSTEM

ÇALIŞKAN KOÇ, Gülşah

Ph.D. in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. S. Nur DİRİM

January, 2018, 265 pages

ABSTRACT

Spinach and carrot are widely harvested in substantial amounts in our country. According to production figures, the increase either in the consumption or in the shelf-life of these vegetables will provide economical and agricultural advantages. The aim of this thesis is to obtain the powder form of the easy to digest spinach and carrot powder (which do not have fiber) by spray drying of spinach and carrot juices. The obtained product has the potential of being used in food industry as additives in several foods (as instant soup, baby food, instant vegetable puree and salad dressing etc.). By this way, the shelf-life of spinach and carrots will be extended, packaging, storage, transportation and dosage will be easy, the amount of waste will be prevented, the economic potential and the consumption areas (cosmetics, pharmaceuticals industries etc) will be increased. The objectives of this thesis were to obtain spray dried spinach and carrot juice powders; to determine the influence of process variables (inlet/outlet temperatures) and different drying agents and their concentration on the quality paramaters (physical, chemical, and powder properties, morphology and glass transition temperature) of the final product.

For this purpose, the spinach powder directly and carrot powder with the addition of different amount (the total soluble solid content was adjusted to 12, 16 and 20°Brix) of maltodextrin (18-20DE), whey powder, and gam Arabic were spray dried (160-200°C/ 80-100°C inlet/outlet temperatures, respectively). In order to protect heat sensitive components, spinach and carrot juices were spray dried without any pre-concentration/ heating process. The physical (moisture content, water activity, color, and pH), chemical (vitamin C, total carotenoid and total chlorophyll (for spinach powder) contents, and total phenolic compounds), and powder properties (solubility, wettability, dispersibility, bulk and tapped densities, flowability, and cohesiveness), glass transition temperature, and morphology of the

obtained powders were determined. In addition, the energy efficiency of a present spray dryer and the powder yield were calculated.

The spinach powders and the carrot powders with different drying agents were spray dried at the selected conditions (160/100°C), packaged by using aluminum polyethylene bags and stored at three different storage temperatures (4±2°C, 20±2°C, and 30±2°C). The storage periods were determined as 5 months for the spinach powders and 3 months for the carrot powders with different drying agents. During storage, the physical (moisture content, water activity, color, and pH), chemical (vitamin C, total carotenoid and total chlorophyll (for spinach powder) contents, and total phenolic compounds), and powder properties (solubility, wettability, dispersibility, bulk and tapped densities, flowability, and cohesiveness) of vegetable powders were determined at 30 days intervals.

In order to determine the consumer's acceptance of the obtained spinach and carrot powders, strained yoğurt was chosen as a food system and dipping sauces which included spinach or carrot powder with different drying agents were produced. The vegetable powders with were added to the strained yoğurt at different amounts. For the sensory panel, semi-trained 15 panellists evaluated the color, odor, consistency at spoon and mouth, homogenous structure, jelly structure, taste, and stranger taste of the produced dipping sauces.

Keywords; spinach, carrot, powder product, spray drying, drying agents, physical properties, efficiency, energy consumption, chemical composition, powder properties, storage

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam ve lisansüstü eğitimim süresince desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, sürekli teşvik eden, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM' e değerli görüş ve tavsiyeleriyle bana yol gösterdiği için teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince öneri ve eleştirileri ile tezime katkılar sunan Prof. Dr. Figen ERTEKİN ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOÇ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince üretimlerde ve analizlerde yanımda büyük özveriyle yer alan, yardımlarını esirgemeyen değerli yüksek lisans öğrencilerimiz Burcu BEKTAŞ, Hira YÜKSEL, Meryem TALİH ve Tuğçe TÜRKOĞLU'na, mezun olan lisans öğrencileri Esra TOPÇUOĞLU ve Büşra DURGUT'a, kuzenim Meltem MERKEZ ve Fatmanur GİDER'e çok teşekkür ederim.

Hayat boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşim Yiğit KOÇ'a sabrından, desteğinden ve yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Hayatları boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen annem Türkan ÇALIŞKAN ve babam ALİ ÇALIŞKAN ile çalışmamın her aşamasında bana destek olan kardeşim Gizem ÇALIŞKAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca desteklerini hissettiğim arkadaşlarım Ahsen RAYMAN ERGÜN ve Canan KARTAL'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez projem boyunca 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında sağladığı maddi destekten ötürü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) 'a desteğinden ötürü teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... Vİİ

ABSTRACT ..... İX

TEŞEKKÜR ..... Xİ

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XVİİ

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... XXVİİ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... XXİX

1.GİRİŞ 1

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4

2.1 Sebze Ve Meyve Suyu Tozları 4

2.1.1 Ispanak 4

2.1.2 Havuç 8

2.2. Püskürtmeli Kurutma İşlemi 12

2.2.1 Kurutma İşlemine Etki Eden Faktörler 14

2.2.2 Püskürtmeli Kurutma İşleminin Avantajları ve Dezavantajları 25

2.2.3 Meyve Ve Sebze Tozları 25

3. Materyal Ve Yöntem 31

3.1 Materyal 31

3.2 Yöntem 31

3.2.1 Ispanak Ve Havuç Sularının Elde Edilmesi Ve Püskürtmeli Kurutucuda Kurutulması 31

3.2.2 Analiz Yöntemleri 36

3.2.3 Depolama 43

3.2.4 Havuç Ve Ispanak Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sistemlerinde Denenmesi 44

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 45

4.1 Ispanak Sularının Püskürtmeli Kurutma İşlemiyle Kurutularak Ispanak Suyu zu Eldesiyle İlgili Bulgular 45

4.1.1 Toz Ürün Verimliliği 45

4.1.2 Püskürtmeli Kurutucunun Enerji Verimliliği 48

4.1.3 Ispanak Suyu Tozlarının Nem İçeriği (%, Yaş Bazlı) 49

4.1.4 Ispanak Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değeri 50

4.1.5 Ispanak Suyu ve Tozlarının Renk Değerleri 51

4.1.6 Ispanak Suyu ve Tozlarının Ph Değeri 52

4.1.7 Ispanak Suyu ve Tozlarının C Vitamini İçeriği 53

4.1.8 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği 55

4.1.9 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Klorofil Miktarı 57

4.1.10 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı 59

4.1.11 Ispanak Suyu ve Tozlarının Mineral Madde İçeriği 61

4.1.12 Ispanak Tozlarının Toz Ürün Özellikleri 63

4.1.13 Ispanak Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklığı 71

4.1.14 Ispanak Tozlarının Morfolojik Yapıları 73

4.1.15 Ispanak Suyu Tozlarının Depolaması 73

4.1.16 Ispanak Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi 92

4.2 Havuç Sularının Püskürtmeli Kurutma İşlemiyle Kurutularak Havuç Suyu Tozu Eldesiyle İlgili Bulgular 96

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.2.1 Havuç Suyunun Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Ajanlarının Fiziksel ve Toz Ürün Özellikleri 97

4.2.2 Toz Ürün Verimliliği 101

4.2.3 Püskürtmeli Kurutucunun Enerji Verimliliği 110

4.2.4 Havuç SuyuTozlarının Nem İçeriği (%, Yaş Bazlı) 120

4.2.5 Havuç Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değeri 124

4.2.6 Havuç Suyu ve Tozlarının Renk Değerleri 128

4.2.7 Havuç Suyu ve Tozlarının Ph Değeri 136

4.2.8 Havuç Suyu ve Tozlarının C Vitamini İçeriği 139

4.2.9 Havuç Suyu ve Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği 142

4.2.10 Havuç Suyu ve Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı 145

4.2.11 Havuç Suyu ve Tozlarının Mineral Madde İçeriği 149

4.2.12 Havuç Suyu Tozlarının Toz Ürün Özellikleri 150

4.2.13 Havuç Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklıkları 177

4.2.14 Havuç Suyu Tozlarının Morfolojik Yapıları 179

4.2.15 Havuç Suyu Tozlarının Depolaması 185

4.2.16 Havuç Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi 217

5. SONUÇ 229

6. ÖNERİLER 239

KAYNAKLAR DİZİNİ 240

ÖZGEÇMİŞ 265

EKLER .....

ŞEKILLER DIZINI

Şekil Sayfa

2.1. Püskürtmeli kurutma işlemi (Shishir and Chen, 2017) 14

2.2. Püskürtmeli kurutma işlemini etkileyen faktörler (Keshani et al., 2015) 15

3.1. Niro-Atomizör Mobile Minor Model Püskürtmeli Kurutucu 32

3.2. Ispanak/havuç suyu tozu üretimi 33

3.3. Puanlama testi değerlendirme formu 44

4.1. Ispanak Suyu Tozları 46

4.2. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak toz ürün veriminde (%) meydana gelen değişim 46

4.3. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yaş bazlı) meydana gelen değişim 50

4.4. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim 52

4.5. Ispanak suyu tozlarının renk değerleri 53

4.6. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim 53

4.7. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim 54

4.8. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim 56

4.9. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil miktarında meydana gelen değişim 58

4.10. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim 59

4.11. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinde (s) meydana gelen değişim 64

4.12. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının çözünürlük süresinde (s) meydana gelen değişim 65

4.13. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının dağılabilirlik değerinde (%) meydana gelen değişim 66

4.14. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinde (kg/ m^3) meydana gelen değişim 67

4.15. Hava giriş/ çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerinde (kg/ m^3) meydana gelen değişim 68

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.16. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının akabilirlik değerinde (Carr Indeks) meydana gelen değişim 69

4.17. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık değerinde (Hausner Oranı) meydana gelen değişim 70

4.18. Seçilen hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında üretilen (160/80-100°C) ıspanak suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklıkları 72

4.19. Seçilen hava giriş/çıkış sıcaklıklarında üretilen (160/80-100°C) ıspanak suyu tozlarının morfolojik yapıları 73

4.20. Depolama işlemi için seçilen koşullarda (160/100 °C giriş/çıkış sıcaklığı) üretilen ıspanak suyu tozları 74

4.21. Depolama boyunca ıspanak tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim 75

4.22. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim 76

4.23. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişim78

4.24. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim 80

4.25. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim 81

4.26. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid miktarında meydana gelen değişim 82

4.27. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil içeriğinde meydana gelen değişim 82

4.28. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim 83

4.29. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinde (s) meydana gelen değişim..... 88

4.30. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının çözünürlük sürelerinde (s) meydana gelen değişim..... 89

4.31. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğunda (kg/m^3) meydana gelen değişim 90

4.32. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğunda (kg/m^3) meydana gelen değişim 90

4.33. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının akabilirlik davranışında meydana gelen değişim 90

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.34. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık davranışında meydana gelen değişim 91

4.35. Farklı oranlarda ıspanak suyu tozu içeren dip soslar 92

4.36. %0.5 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları. 93

4.37. %1 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları.... 93

4.38. %5 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları.... 94

4.39. %10 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları.. 94

4.40. %15 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları.. 94

4.41. %20 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları.. 95

4.42. Sade havuç suyu tozu (200/100 °C Hava Giriş/Çıkış Sıcaklıkları) 96

4.43. Kurutma ajanları 100

4.44. Kurutma ajanlarının renk değerleri (L*, a* ve b*) 100

4.45. 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında farklı kurutma ajanlarının ilavesi ile kurutulan havuç suyu tozları 102

4.46. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%) 103

4.47. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%) 104

4.48. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%) 105

4.49. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh) 111

4.50. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/ kWh) 112

4.51. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh) 112

4.52. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h) 114

4.53. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h) 115

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.54. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h)115

4.55. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg) 117

4.56. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg) 118

4.57. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg) 118

4.58 Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb) 120

4.59 Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb)..... 121

4.60. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb)..... 122

4.61. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri 125

4.62. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri 126

4.63 Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri 127

4.64. Havuç sularının renk değerleri 129

4.65. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri 131

4.66. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri..... 133

4.67. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri 135

4.68. Farklı kurutma ajanlarını içeren havuç sularının pH değerleri..... 137

4.69. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri..... 137

4.70 Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri..... 138

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.71. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri 139

4.72. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu, kb) 139

4.73. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 140

4.74. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu touz içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 141

4.75. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 141

4.76. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu, kb) 142

4.77. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 143

4.78. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 144

4.79. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb) 144

4.80. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu, kb) 145

4.81. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) 146

4.82. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) 147

4.83. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) 148

4.84. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s) 151

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.85. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s) ... 152

4.86 Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s) 153

4.87. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s) 155

4.88. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s) 156

4.89. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s) 157

4.90. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)..... 159

4.91. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)159

4.92. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)..... 160

4.93. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m^3) 161

4.94. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m^3) .. 162

4.95. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m^3) 163

4.96. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m^3) .. 167

4.97. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m^3)..... 168

4.98. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m^3) 169

4.99. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri 171

4.100. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri 171

4.101. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri 172

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.102. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri 173

4.103. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri 174

4.104. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri 175

4.105. Havuç Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklıkları 178

4.106. Sabit hava giriş sıcaklığında (160°C) ve kuru madde içeriğinde (12°Briks), farklı kurutma ajanları kullanılarak farklı hava çıkış sıcaklıklarında (80, 90 ve 100°C) üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x)..... 180

4.107. Sabit hava giriş ve çıkış sıcaklığında (160/100°C) farklı kurutma ajanları ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x)..... 181

4.108. Sabit hava çıkış sıcaklığında (100°C) ve besleme kuru madde içeriğinde (20°Briks), farklı hava giriş sıcaklıklarında ve kurutma ajanları kullanılarak üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x) 183

4.109. Depolama işlemi için seçilen koşullarda üretilen farklı kurutma ajanları içeren suyu tozları..... 185

4.110. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim..... 186

4.111. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim 187

4.112. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim 188

4.113. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim 189

4.114. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim 189

4.115. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim 190

4.116. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim 192

4.117. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim 194

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.118. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim 196

4.119. Depolama süresince havuç suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim ((a) : maltodekstrin, (b) : peynir altı suyu tozu, (c) : gum Arabik içeren havuç suyu tozları) 198

4.120. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 199

4.121. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 200

4.122. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 201

4.123. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 202

4.124. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 202

4.125 Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 203

4.126. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim..... 204

4.127. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının fenolik madde miktarında (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim..... 205

4.128. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç tozlarının fenolik madde miktarında (mg GAE/100 g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim 205

4.129 Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinde (s) meydana gelen değişim 207

4.130. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresinde (s) meydana gelen değişim..... 208

4.131. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerinde (%) meydana gelen değişim..... 210

4.132. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinde meydana gelen değişim (kg/m3).. 211

4.133. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu değerinde meydana gelen değişim (kg/m3) 212

4.134. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim 214

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.135. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde meydana gelen değişim 214

4.136. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim 215

4.137. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde gelen değişim 215

4.138. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim 216

4.139. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde meydana gelen değişim 216

4.140. Farklı oranlarda maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar 218

4.141. Farklı oranlarda peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar 218

4.142. Farklı oranlarda gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar 218

4.143. %0.5 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 219

4.144. %1 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 220

4.145. %5 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 220

4.146. %10 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 220

4.147. %15 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 221

4.148. %20 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 221

4.149. %0.5 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 222

4.150. %1 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 222

4.151. %5 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 223

4.152. %10 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 223

4.153. %15 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 223

ŞEKILLER DIZINI (devam)

Şekil Sayfa

4.154. %20 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 223

4.155. %0.5 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 224

4.156. %1 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 225

4.157. %5 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 225

4.158. %10 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 225

4.159. %15 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 226

4.160. %20 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları 226

ÇİZEGELER DİZİNİ

Çizelge Sayfa

2.1. Başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzelerin yıllara göre üretim miktarı (ton) (TUİK, 2017)..... 4

2.2. Ispanağın kimyasal kompozisyonu 6

2.3. Ispanağın mineral madde kompozisyonu (ppm, yb)..... 7

2.4. Yumru ve kök sebzelerin yıllara göre üretim miktarı (ton) (TUİK, 2017)..... 9

2.5. Havucun Kimyasal Kompozisyonu (yb)..... 9

2.6. Havucun makro ve mikro element kompozisyonu (ppm, yb) (Azam et al., 2013)..... 10

2.7. Hava giriş sıcaklığının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi..... 17

2.8. Püskürtmeli kurutma işleminde kullanılan farklı kurutma ajanlarının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi..... 24

3.1. Ispanak suyu tozu eldesi için uygulanan deneme planı..... 33

3.2. Havuç Suyu tozu eldesi için uygulanan deneme planı..... 34

3.3. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan ıspanak sularının kütlesel akış hızı (kg/h) 35

3.4. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda maltodekstrin içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h) 35

3.5. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda peynir altı suyu içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h)..... 36

3.6. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda gam Arabik içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h) 36

3.7. CI ve HR değerlerine göre toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık değerlerinin sınıflandırılması (Lebrun et al., 2012; Jinapong et al., 2008) 42

4.1. Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği 49

4.2. Ispanak suyu ve ıspanak suyu tozlarının mineral madde kompozisyonu (ppm, kb)..... 62

4.3. Birinci Dereceden Reaksiyon Hız sabiti ve Aktivasyon enerjisi..... 87

4.4. Sade havuç suyu tozlarının fiziksel özellikleri..... 97

4.5. Kurutma ajanlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri..... 99

4.6. Havuç suyu tozlarının mineral madde içeriği (ppm, kb)..... 150

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a*	Yeşillik/ Kırmızılık Değeri
A_0	Başlangıç değeri
A	t zamanındaki değer
b*	Sarılık/Mavilik Değeri
CI	Carr Indeks
dak	Dakika
DE	Dekstroz Eşdeğeri
DSC	Taramalı diferansiyel kalorimetre
E_a	Aktivasyon Enerjisi (kJ/ mol)
g	Gram
GA	Gam Arabik
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
h	Saat
HR	Hausner Oranı
k_0	0. Dereceden Reaksiyon kinetiği Sabiti (1/ay)
k_1	1. Dereceden Reaksiyon kinetiği Sabiti (1/ay)
k_2	2. Dereceden Reaksiyon kinetiği Sabiti (1/ay)
k	1. Dereceden Reaksiyon kinetiği Sabiti (1/ay)
kb	Kuru bazlı
kg	Kilogram
L	Litre
L*	Parlaklık değeri
MD	Maltodekstrin
mg	Miligram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

Simgeler	Açıklama
µg	Mikrogram
ml	Mililitre
MER	Nem Uzaklaşma Hızı (kg su/h)
nm	Nanometre
ppm	Milyonda bir
R	Gaz sabiti (8.314 J/mol.K)
R^2	Regresyon Katsayısı
Rpm	Devir sayısı
s	Saniye
S	Frekans faktörü (1/ay)
SEC	Spesifik Enerji Tüketimi (MJ/kg su)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SMER	Spesifik Nem Uzaklaşma Hızı (kg su/kWh)
t	Süre (ay)
T	Mutlak Sıcaklık (K)
T_g	Camsı Geçiş Sıcaklığı
TÜİK	Türk İstatistik Kurumu
yb	Yaş Bazlı
YÖK	Yüksek Öğretim Kurumu

1.GİRİŞ

Son yıllarda yüksek besin içeriği, paketleme, taşıma, doz ayarlama, karışabilme ve çözünebilme kolaylığı ve uzun raf ömrü gibi avantajlarından dolayı meyve ve sebze tozlarına olan ilgi artmaktadır. Meyve ve sebze tozlarının eldesinde konvektif, mikrodalga, akışkan yatak, vakum, püskürtmeli kurutma vb. gibi pek çok farklı kurutma yöntemi kullanılmaktadır (Chopda and Barrett, 2001). Bu yöntemler içerisinde meyve ve sebze tozlarının üretilmesinde kullanılan en yaygın kurutma yöntemleri dondurarak ve püskürtmeli kurutmadır (Quek et al., 2007; Cano-Chouca et al., 2005). Püskürtmeli kurutma tekniği düşük maliyet, hızlı kuruma ve yüksek kalitede ürün eldesi gibi avantajlarıyla oldukça tercih edilen bir kurutma yöntemidir. Bir atomizör ya da nozul aracılığıyla sıvı beslemenin kurutma kabininde sıcak hava ile karşılaşması sonucunda üründe meydana gelen ani buharlaşmayla yüksek kalitede toz ürüne dönüşmesi prensibine dayanan bu yöntemde, kullanılan atomizör ya da nozul sıvı beslemenin yüzey alanını arttırmaktadır (Turchiuli et al., 2011). Püskürtmeli kurutma yönteminde toz ürünün kalitesi, besleme özellikleri (kompozisyonu, konsantrasyonu, hızı, kurutma ajanı varlığı vb.), püskürtmeli kurutma koşulları (atomizasyon hızı ve/veya basıncı, giriş ve çıkış sıcaklığı vb.) ve kullanılan kurutma ajanının özelliklerine (karbonhidrat, protein, gam vb.) bağlıdır (Fazaeli et al., 2012; Kha et al., 2010). Meyve ve sebze suyu tozu eldesinde püskürtmeli kurutma işlem koşullarının etkisinin incelendiği pek çok çalışma literatürde mevcuttur. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların meyve ve sebze tozlarının kalite özellikleri üzerine olduğu görülmektedir.

Karotenoidler ve klorofiller gibi doğal renk maddeleri bakımından zengin olan ıspanak Türkiye'de üretim potansiyeli yüksek ve genellikle taze olarak tüketilen bir sebzedir. Ayrıca konserve ve dondurulmuş olarak da satılmaktadır. Yüksek miktarda lif içeren ıspanak önemli bir vitamin (A, B ve C vitaminleri) ve mineral kaynağı (kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, fosfor, sodyum, bakır, kükürt, manganez ve çinko) olmasının yanı sıra antikarsinojenik özelliklere sahip klorofillerce zengin bir sebzedir (Kansal ve ark., 1981; Bhattacharjee et al., 1998; Çıtak ve Sönmez, 2009; Ötleş ve Atlı, 1997, Delgado-Vargas et al., 2000, Hojnik et al., 2007, Simonich et al., 2008).

Türkiye'de genellikle taze olarak tüketilen havuç; turşu, salata, konserve ve toz (bebek maması ve çorbalarda) olarak tüketilmektedir. Sebzeler içerisinde en yüksek karetenoid (α- and β-karoten) içeriğiyle bilinen havuç dünyada en fazla yetiştirilen sebzeler arasında yer almaktadır (Yavuz, 2005; Badr and Mahmoud, 2011).

Türk İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzeler grubunda yer alan ıspanak Türkiye'de en çok üretilen 3. sebze iken; yumru ve kök sebzeler grubunda yer alan havuç ise yıllık üretim miktarıyla 2. sırada yer almaktadır. Türkiye' de yüksek miktarlarda üretilen ıspanak ve havuç ile ilgili yapılan çalışmalar araştırıldığında ulusal tez merkezinde 'ıspanak' başlığı adı altında 53 adet tez, 'havuç' başlığı adı altında 91 adet tez, 'havuç suyu' başlığı adı altında 11 adet tez yürütüldüğü ancak 'ıspanak suyu' başlığı adı altında hiç tez bulunmadığı saptanmıştır. Ispanak ile ilgili yapılan çalışmaların 5 adedi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından yürütülmüş ve 1 adedi ıspanakların kurutulmasıyla ilgilidir (YÖK, 2017). Havuç ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ise; 44 adet tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından yürütüldüğü, bu tezlerin 2 adedinin havucun kurutulmasıyla ilgili olduğu belirlenmiştir. Türkiye' de ve Dünya' da yapılan çalışmalar incelendiğinde ıspanakların ve havuç dilimlerinin/ püresinin farklı yöntemlerle kurutulmasıyla ilgili pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Ancak ıspanak ve havuç sularının püskürtmeli kurutucuda kurutulduğu ve işlem parametrelerinin ve farklı kurutma ajanlarının elde edilen toz ürünlerin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Ispanak ve havuç üretimiyle ilgili TUİK verileri, çeşitli yöntemlerle ıspanak ve havuç kullanımının ve raf ömrünün arttırılmasının; ülkemizin için ekonomik ve tarımsal fayda sağlayacağını gözler önüne sermektedir. Ispanak ve havuç suları kurutularak elde edilen toz ürünler, çorbalarda, salata soslarında, bebek mamalarında, yemeklerde ve detoks suları gibi özel amaçlı ürünlerde kullanılabileceği gibi ayrıca elde edilen toz ürünler, lezzet ve renk ajanı gibi katkı maddesi olarak kullanılabilme imkanına da sahip olacaktır. Ispanak ve havuç suyunun püskürtmeli kurutma yöntemi ile toz forma dönüştürülmesiyle, ıspanak ve havuçların raf ömrü arttırılacak, paketleme, depolama, taşıma ve doz ayarlama

kolaylığı sağlanacak, üretim fazlası değerlendirilerek hem atık oluşumu engellenecek hem de ekonomik potansiyeli ve kullanım alanları (kozmetik, ilaç sanayi vb.) arttırılmış olacaktır. Ispanak ve havuçlar liflerinden uzaklaştırılarak suyu alındığı için sindirimi kolay toz ürün formuna dönüştürülmüş olacaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak ve havuç suyu tozu eldesi ve kurutma işlemi sırasında işlem parametrelerinin (hava giriş ve çıkış sıcaklığı) ve farklı kurutma ajanlarının ve konsantrasyonlarının son ürünün kalite özellikleri (fiziksel, kimyasal ve toz ürün özellikleri, morfoloji ve camsı geçiş sıcaklığı) üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Kurutma işleminde kullanılan püskürtmeli kurutucunun enerji verimi ve toz ürün veriminin belirlenmesi de tez çalışmasının kapsamı içindedir. Elde edilen ıspanak ve havuç suyu tozları üç farklı sıcaklıkta depolanarak, depolama boyunca kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler bu tez kapsamında belirlenmiştir. Ayrıca üretilen sebze suyu tozlarının tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla, üretilen sebze sosları örnek gıda sistemi olarak seçilen süzme yoğurda ilave edilere dip sos üretilmiş ve duyusal analiz yapılmıştır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Sebze ve Meyve Suyu Tozları

2.1.1 Ispanak

Karotenoidler ve klorofiller gibi doğal renk maddeleri bakımından zengin olan ıspanak Türkiye'de üretim potansiyeli yüksek olan bir sebzedir. Ülkemizde genellikle taze olarak tüketilmektedir. Ayrıca konserve ve dondurulmuş olarak da satılmaktadır. Ispanak çok yönlü bir sebzedir ve salatalarda, pişmiş/haşlanmış sebze şeklinde, omlet yapımında, hamur işlerinde, ya da pek çok sebze yemeğinde kullanılmaktadır. Yüksek miktarda lif içeren ıspanak önemli bir vitamin (A, B ve C vitaminleri) ve mineral kaynağıdır (kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, fosfor, sodyum, bakır, sülfür, manganez ve çinko) (Kansal et al., 1981; Bhattacharjee et al., 1998; Çıtak and Sönmez, 2009). Çıtak and Sönmez, 2009 ıspanağın besin içeriği bakımından zengin olan sebzeler içerisinde ilk ya da ikinci sırada yer aldığını belirtmişlerdir.

Türk İstatistik Kurumu (TUİK) verilerine göre başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzeler grubunda yer alan lahana, ıspanak ve marulun ülkemizdeki üretim miktarının yıllara göre dağılımı Çizelge 2.1' de verilmiştir. Ispanak başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzeler grubunda yer alan sebzelerden en çok üretilen 3. sebzedir.

Çizelge 2.1. Başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzelerin yıllara göre üretim miktarı (ton) (TUİK, 2017)

Yıllar	Lahana (Beyaz)	Marul (Göbekli)	Ispanak
2012	481 511	205 463	222 225
2013	496 864	212 189	220 274
2014	492 610	230 755	207 676
2015	514 344	225 021	208 403
2016	524 976	233 662	210 999

Ispanak çeşitlerinin kimyasal kompozisyonu üzerine yapılmış pek çok çalışma literatürde mevcuttur. Yapılan çalışmalarda ıspanağın nem içeriğinin

%84.30-94.20 (yaş bazlı) (Islam et al., 1987; Bhattacharjee et al., 1998, Singh et al.,2001; Kuwazu et al., 2003, Kaur et al., 2008, Barzegar et al., 2007), kül içeriğinin ise %1.60-2.48 (yaş bazlı) arasında değiştiği belirtilmiştir (Islam et al., 1987; Barzegar et al., 2007). Ispanağın kimyasal kompozisyonu Çizelge 2.2' de, mineral madde kompozisyonu ise Çizelge 2.3' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Ispanağın kimyasal kompozisyonu

Referans	Yağ (g/100g yaş ağırlık)	Ham Lif (g/100g yaş ağırlık)	Protein (g/100g yaş ağırlık)	C Vitamini (mg/100g yaş ağırlık)	Toplam Klorofil (mg/100g yaş ağırlık)	Toplam Karoten (Beta Karoten Cinsinden, µg/100g yaş ağırlık)	Fenolik Madde
Bhattacharjee et al. (1998)	0.70	0.60	2.00	658.00	-	-	-
Singh et al. (2001)	-	-	13.65 ± 0.10	36.8 ± 0.14		4000 ± 180	-
Howard et al. (2002)	-	-	-	-	-	-	1547.40-4835.30 mg Troloks eşdeğeri (TEAC)/ g yaş ağırlık
İsmail et al. (2004)	-	-	-	-	-	-	7167.73±73.00 mg/100g
Ahamad et al. (2007)				-	-	9940.00	-
Barzegar et al. (2007)	0.14-0.36	1.70-2.22	1.62-3.19	-	-	-	55.20-103.90 mg Tannik asit eşdeğeri (TAE) / g yaş ağırlık
Kaur et al. (2008)	-	-	-	10.03	100.24	-	-
Bunea et al. (2008)	-	-	-	-	-	11900.00 ± 490.00 toplam karoten (3150.00 ±200.00 β-karoten)	2088.90 ± 30.40 mg G
Tang (2010)	-	-	-	28.10	-	5626.00	-
Giri et al. (2016)	-	-	-	-	82.89±3.26	-	-

Çizelge 2.3. Ispanağın mineral madde kompozisyonu (ppm, yb)

Elementler	Referanslar				
	Giri et al.,2016	Khan et al., 2015	Çıtak and Sonmez, 2009	Barzegar et al., 2007	Bhattacharjee et al., 1998
Magnezyum (Mg)	-	-	-	674-1083	840
Demir (Fe)	161.07 ±33.39	689.20	437-696	26.10-80.10	109
Çinko (Zn)	219.88 ±11.56	50.60	93.5-118.1	9.63-26.06	135.3
Potasyum (K)	-	-	-	5958-11066	2060
Kalsiyum (Ca)	-	-	-	616-1128	730
Bakır (Cu)	12.271 ±0.85	10.19	5.85-7.50	0.74-4.43	0.1
Mangan (Mn)	146.14 ±12.57	-	48.9-68.0	-	96.1
Sodyum (Na)	-	-	-	340-1177	-
Fosfor (P)	-	-	-	404-909	210

Literatürde ıspanağın konveksiyonel yöntemlerle (Kaur et al., 2008, Khan et al., 2015) ve mikrodalga fırında (Ozkan et al., 2007) kurutulmasıyla ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur. Khan et al. (2015) kurutulmuş ıspanak tozunun nem içeriğinin %4.82, kül içeriğinin %10.35, protein içeriğinin %21.25, ham lif içeriğinin %11.32, demir içeriğinin 68.92mg /100g, kalsiyum içeriğinin 1.019mg /100g, potasyum içeriğinin 1.094mg /100g, sodyum içeriğinin 3.279mg /100g, çinko içeriğinin 5.06mg /100g, toplam karotenoid, toplam klorofil ve C vitamini içeriğinin ise sırasıyla 740µg/100g, 733mg/100g ve 148mg/100g olduğunu belirtmiştir.

Ispanak yapraklarının mikrodalga fırında (90-1000W) kurutulduğu bir çalışmada; nem içeriğinin %9.01'e (kb) düşmesi için gereken sürenin mikrodalga gücüne bağlı olarak 290 ile 4005 saniye arasında değiştiği, kuruma kinetiğinin yarı empirik Page modele uyduğu, taze ıspanağın C vitamini içeriğinin 50.18mg/100 g olduğu ve kurutma işlemiyle C vitamini içeriğinde önemli ölçüde kayıp olduğu (23.30-43.57mg/100 g) ve ıspanakların parlaklığında (L* değerinde) azalmalar olduğu belirtilmiştir (Ozkan et al., 2007).

Ispanak yapraklarının doğranıp 95°C'de 2 dakika süreyle suyla ve 1 dakika süreyle potasyum metabisülfit ile ön işlem uygulanarak güneşte (27± 2°C, 15 saat) ve kabin kurutucuda (65± 3°C, 1 km/saat hızda, 5 saat) kurutulduğu bir çalışmada, güneşte ve kabin kurutucuda kurutulan ıspanakların nem içeriği, yığın yoğunluğu, doğal kayma açısı, toplam renk değişimi, klorofil, beta karoten ve askorbik asit içeriği sırasıyla %8.86 ve %4.57 (yb), 171.50 ve 106.90 kg/m^3, 33.2-41.0(°), 20.80 ve 20.16, 1070.96 ve 1093.23 mg/100g (kb), 13.62-20.60 mg/100g (kb) ve 48.33 ve 75.52 mg/100g (kb) olarak bulunmuştur (Kaur et al., 2008).

2.1.2 Havuç

Türkiye' de genellikle taze olarak tüketilen havuç; turşu, salata, konserve, kızartma, kek ve toz ürün (bebek maması ve çorbalarda) olarak tüketilmektedir. Dünya genelinde ise bu kullanımlara ek olarak tatlı yapımında (kek, puding ve helva) kullanılmaktadır. Ayrıca doğrudan havuç suyu veya diğer meyve-sebze sularıyla karıştırılarak da tüketilmektedir (Azam et al., 2013). Havuç (sarı+kara) Türkiye' de 2007 yılında ilk defa sebze suyuna işlenen sebze çeşitleri içerisinde yer almaktadır (Anon, 2008). Havuç suyu domates suyundan sonra besin değeriyle en çok ilgi çeken sebze suyudur (Rayman and Baysal, 2011). Sebzeler içerisinde en yüksek karotenoid (α ve β-karoten) içeriğiyle bilinen havuç dünyada en fazla yetiştirilen sebzeler arasında yer almaktadır (Yavuz, 2005; Badr and Mahmoud, 2011). Yüksek α ve β-karoten içeriğiyle iyi bir antioksidan özellik gösteren havuç; kanser ve kardiyovisküler hastalıklara karşı koruyucudur (Holick et al., 2002, Sun et al., 2006; Demir et al., 2007). Ayrıca, vitamin (A, B_6, C ve K) ve minerallerce (folat, potasyum ve manganez) zengin olan havuç çok düşük miktarlarda kolesterol ve yağ içermektedir (Azam et al., 2013; Singh et al., 2001).

Yumru ve kök sebzeler grubunda yer alan havuç yıllık üretim miktarıyla 2. sırada yer almakta olup soğan, havuç ve pırasanın yıllara göre üretim miktarları Çizelge 2.4' te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Yumru ve kök sebzelerin yıllara göre üretim miktarı (ton) (TUİK, 2017)

Yıllar	Soğan (Kuru)	Havuç	Pırasa
2012	1 735 857	714 280	229 359
2013	1 904 846	569 855	240 391
2014	1 790 000	557 977	223 303
2015	1 879 189	534 988	231 678
2016	2 120 581	554 736	227 172

Havucun kimyasal kompozisyonu türe ve hasat zamanına bağlı olmakla birlikte bazı literatür değerleri Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Havucun Kimyasal Kompozisyonu (yb)

Referans	Nem (g/100g)	Protein (g/kg)	Toplam Şeker (g/100g)	C Vitamini (g/kg)	Toplam Karoten (Beta Karoten Cinsinden, mg/100g, yb)
Singh et al., 2001	95.4 ± 0.12	50.20± 1.70	-	49.00 ± 5.70	2.2 ± 0.10
Suojala T., 2000	-	-	4.5-7.5	-	-
Rodriguez-Sevilla et al., 1999	-	-	4.97-0.346	-	-

Bao and Chang (1994) havucun suyu ayrıldıktan (%30-50) sonra kalan püre kısmının kimyasal kompozisyonunu belirlemişler ve pürenin kuru ağırlık başına %4.2 protein, %1 yağ, %8.3 indirgen şeker, %1 nişasta, %5.7 kül, %2.3 kalsiyum ve %1 magnezyum içerdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, havuç püresinin kuru ağırlık başına 43 ve 133 mg/ 100g α ve β karoten içerdiğini rapor etmişlerdir.

Brunsgaard et al. (1994) farklı havuç türlerinin, hasat zamanlarının ve azot miktarının havuçların kimyasal kompozisyonu üzerindeki etkilerini incelediği bir çalışmada; kuru ağırlık başına protein içeriğinin 50.6-81.3 g/kg, toplam lif içeriğinin 246.6-277.8 g/kg, kadmiyum miktarının 0.31-0.57 mg/kg, kurşun miktarının ise 0.11-0.15 mg/kg arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Havucun kimyasal kompozisyonunun cinse ve yetişme koşullarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Havucun makro ve mikro element kompozisyonu Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Havucun makro ve mikro element kompozisyonu (ppm, yb) (Azam et al., 2013)

	Elementler	Miktar
Makro Elementler	Karbon (C)	358.2 ± 0.70
	Azot (N)	24.0 ± 0.45
	Hidrojen (H)	46.9 ± 0.72
	Kükürt (S)	7.1 ± 0.35
	Kalsiyum (Ca)	1.7 ± 0.00
	Magnezyum (Mg)	1.7 ± 0.01
	Potasyum (K)	4.6 ± 0.01
Mikro Elementler	Çinko (Zn)	16.73 ± 0.092
	Mangan (Mn)	27.67 ± 0.117
	Demir (Fe)	17.31 ± 0.042
	Kurşun (Pb)	0.35 ± 0.003
	Nikel (Ni)	1.19 ± 0.232
	Bakır (Cu)	1.27 ± 0.046
	Krom (Cr)	2.10 ± 0.140
	Kadminyum kara(Cd)	0.19 ± 0.007

Ayrıca Azam et al. (2013) yaptıkları çalışma sonucunda havucun linoleik (1.83ppm), linolenik (0.99ppm) ve palmitik (0.64ppm) yağ asitlerince ve alanin (4.05ppm), izolösin (3.19ppm), tirosin (2.16ppm), valin (2.11ppm), lösin (1.97ppm), glutamik asit (1.97ppm), metionin (1.76ppm) ve arginin (1.30ppm) amino asitlerince zengin olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde farklı şekillerde havuç dilimlerinin ve havuç püresinin farklı yöntemlerle kurutulmasıyla (dondurarak kurutma, akışkan yatak, mikrodalga, mikrodalga-vakum, infrared vekabin tipi kurutucu) ilgili pek çok çalışma mevcuttur (Arıkan, 2009; Şumnu et al., 2005; Shankaralingam, 2004; Prakash et al., 2004; Cui et al., 2004; Pandey et al., 2003; Baysal et al., 2003; Lin et al., 1998).

Yüksek karoten içerikli gıda katkısı elde etmek amacıyla yapılan bir çalışmada; yıkanan ve kabukları soyulan havuçlar (*Daucus carota* L.) dilimlenmiş, haşlanarak (1 dakika süreyle buharla) ve sülfitlenerek (% 0.125'lik potasyum metabisülfit solüsyonu 1 saat süreyle) 50°C'de 12 saat süreyle fırında kurutulmuş ve havuç dilimleri öğütülerek toz hale getirilmiştir. Elde edilen havuç tozlarının nem, kül, yağ, protein ve ham lif içerikleri sırasıyla %4.77, %6.93, %3.95, %14.80 ve %17.05 olarak belirlenmiştir. Ayrıca taze havuç ve kurutulmuş havuç tozunun karoten içerikleri sırasıyla 30000 ve 6907.67µg /100g olarak belirlenmiştir (Pandey et al., 2003).

Havuç ve havuç-karpuz suyu karışımının püskürtmeli kurutma yöntemiyle kurutulduğu çalışmalara da rastlanmıştır (Tanghom, 2008; Mestry et al., 2011). Tablet, instant içecek ve jelatin tatlısı yapımında kullanılmak üzere havuç suyunun püskürtmeli kurutucuda kurutularak toz forma dönüştürüldüğü bir çalışmada; farklı oranlarda maltodekstrin (17DE, % 20, %30 ve %40) içeren havuç suları 169±2°C hava giriş sıcaklığında 20-25rpm besleme akış hızında kurutulmuştur. Siklon ve kollektörde biriken havuç tozları ayrı ayrı toplanmış ve havuç tozu eldesi için optimum maltodekstrin oranının %30 olduğu ve bu oran için %24.19 verim elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca %30 oranında maltodekstrin ilavesiyle daha düşük nem ve su aktivitesi değeri, daha parlak renk, yüksek beta karoten içeriği ve iyi oranda sıkıştırılabilirlik ve akabilirlik değerlerine ulaşıldığı belirtilmiştir. Kollektörde biriken havuç tozları tablet ve toz içecek; siklonda birikenler ise instant jelatin tatlısı yapımında kullanılmıştır. Tabletin (%50 havuç tozu, %45.4 sukroz, %2 malik asit, %0.8 magnezyum stearat (MgSt), %1 Aerosil ve %0.8 portakal aroması (ağırlıkça)) 33µg beta karoten/1 tablet;toz içeceğin (%73.4 havuç tozu, %25.8 şeker, %0.4 sitrik asit ve %0.4 tuz (ağırlıkça)) 4800µg beta karoten/ 200ml içecek, instant jelatin tatlısının (%44.3 havuç tozu, %44.3 şeker, %10.5 jelatin ve %1 sitrik asit) ise 48 µg beta karoten/50g tatlı içerdiği belirtilmiştir.

Mestry et al. (2011) yeni bir fonksiyonel prebiyotik meyve-sebze suyu tozu üretimi için 80°C'de 60s pastörize edilen karpuz ve havuç suyuna (70:30 hacim:hacim) *Lactobacillus acidophilus* ilave ederek 37°C'de fermente ettikten sonra elde edilen prebiyotik karışımı püskürtmeli kurutucuda kurutarak (hava giriş sıcaklığı 120-160°C, besleme akış hızı 2.0-5.0ml/dak, atomizör basıncı 1.0-

3.0kg/cm^2 ve maltodekstrin konsantrasyonu %10-15 ağırlıkça) toz forma dönüştürmüşlerdir. Hava giriş sıcaklığındaki artışın daha düşük nem içerikli toz ürün elde edilmesini sağlarken, hava akış hızındaki artışın ise nemin daha hızlı uzaklaşmasını sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca, besleme hızındaki artışın iri taneciklerin oluşmasına, atomizasyon basıncındaki artışın ise daha düşük nem içerikli küresel parçacıkların oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir. Optimizasyon parametreleri olarak, gözeneklilik, verim, nem içeriği, yapışkanlık, akabilirlik, yığın yoğunluğu, likopen ve β-karoten içeriği ve su tutma kapasitesi seçilmişlerdir. Optimum koşul olarak hava giriş sıcaklığının 144°C, besleme akış hızının 5.0ml/dak, atomizör basıncının 1kg/cm^2 ve maltodekstrin konsantrasyonunun %15 olduğu koşul seçilmiştir. Hava giriş sıcaklığı arttıkça, nem içeriğinde, a* değerinde, ıslanabilirlik süresinde, likopen ve β-karoten içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Toz ürünlerin morfolojik yapıları incelendiğinde ise farklı işlem koşullarına bağlı olarak farklı boyut ve şekillerde partiküller oluştuğu; düşük hava giriş sıcaklıklarında küçük düzensiz şekilli, yüksek hava giriş sıcaklıklarında ise; daha düzenli ve küresel partiküller oluştuğu belirtilmiştir. Toz ürünlerin camsı geçiş sıcaklığının 92.13°C (120°C hava giriş hızı) ve 120.68°C (160°C hava giriş hızı) arasında değiştiği ve artan nem içeriği ile azaldığı belirtilmiştir.

Ayrıca literatürde havuç tozu (%0, %2 ve %4) ve zeytinyağı-içinde-su (W/O) emülsiyonu kullanılarak yağı azaltılmış model sistem et emülsiyon üretimi üzerine yapılan bir çalışma sonucunda; çiğ emülsiyon örneklerinde %2 oranında havuç tozu kullanımının emülsiyon sistemlerinin toplam ayrılan sıvı ve ayrılan yağ değerlerinde azalışa neden olduğu belirtilmiştir. %2 oranında havuç tozu içeren emülsiyonların stabilitesinin ve su tutma kapasitesinin en yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca model sistem et emülsiyon örnek gruplarında %2 oranında havuç tozu kullanımının en yüksek sertlik ve sakızımsılık değerlerini gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, havuç tozu kullanımının ise doymamış yağ asidi değerlerini arttırdığı sonuçlarına varılmıştır (Kara, 2013).

2.2. Püskürtmeli Kurutma İşlemi

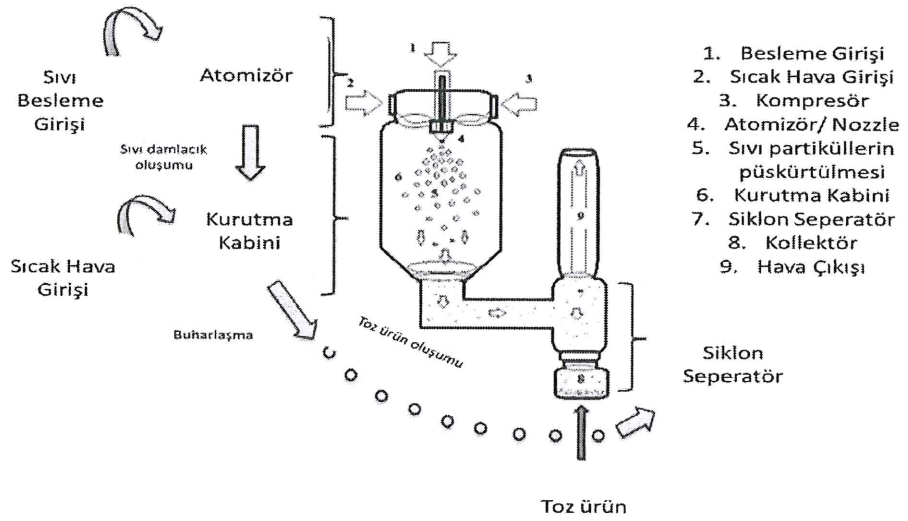
Püskürtmeli kurutma tekniği, sıvı bir çözeltinin (solüsyon, süspansiyon veya emülsiyon) kuruma çemberi içerisine atomize edilerek sıcak hava ile karşılaşmasıyla ani buharlaşmanın gerçekleşmesine bağlı olarak kuru toz

partiküllerin elde edildiği tek aşamalı kullanımı kolay bir kurutma yöntemidir (Muzaffar et al., 2015; Chiou and Langrish, 2007). Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen toz ürünler, sıvı formlarına göre uzun raf ömrü, kolay taşıma, işleme ve paketleme, hacim ve ağırlığın azalması gibi avantajlarıyla daha çok tercih edilmektedir (Shrestha et al., 2007; Fazaeli et al., 2012). Püskürtmeli kurutma tekniği ilaç ve gıda sanayinde özellikle ticari meyve ve sebze tozlarının üretilmesinde kullanılmaktadır (Muzaffar et al., 2015). Hem ısıya dayanıklı hem de ısıya duyarlı sıvı ürünler püskürtmeli kurutucuda kurutulabilmektedir (Phisut, 2012).

Besleme çözeltisininin hazırlanmasından (sıvı ürünlerin konsantre edilmesi, kurutma ajanı eklenmesi, emülsiyon oluşturma vb.) sonra püskürtmeli kurutma işlemi üç ana basamakta gerçekleşmektedir. Bunlar; sıvı beslemenin atomizasyonu (1), sıvı partiküllerin toz forma dönüşmesi (2) ve toz ürünün kollektörde toplanmasıdır (3) (Şekil 2.1). Atomizasyon işleminde, sıvı besleme bir peristaltik pompa yardımıyla atomizöre gelmekte ve atomizörde yüzey alanı arttırılarak kurutma çemberine gönderilmektedir. Atomizasyon işleminin amacı; etkin ve verimli kurutma sağlayabilmek için sıvı beslemenin küçük damlacıklara (droplet) ayrıştırılarak kurutma havası ile temas edecek maksimum yüzey alanının yaratılmasıdır. Sanayi uygulamalarında genel olarak kullanılan atomizörler; dönen atomizörler, basınçlı nozullar ve ikiz sıvı nozullarıdır (Walters et al., 2014). Sıvı damlacıkların sıcak hava ile teması kurutma kabininde gerçekleşmektedir. Sıcak hava ile temas eden sıvı damlacıkların sıcaklığı artmakta, buharlaşma sıcaklığına ulaşınca ise su buharlaşmaktadır. Püskürtülen partiküllerin nem içeriği kritik nem içeriğine ulaştığında, damlacık yüzeyinde kuru tabaka (dry layer) oluşmakta ve aniden toz forma dönüşmektedir. Oluşan toz partiküller besleme özelliklerine ve kurutma koşullarına bağlı olarak küresel, delikli mikro kürecikler ya da düzensiz şekillerde olabilmektedir (Phisut, 2012).

Kurutma işlemi tamamlandığında, oluşan toz partiküller hava ile birlikte siklon seperatöre taşınmakta ve siklon seperatörün tabanında bulunan kollektörde toplanmaktadır. Sıcak havanın kurutma kabinine girişi paralel yön, karşıt yön ve paralel-karşıt kombine gibi farklı şekillerde olabilmektedir. Hava ve besleme giriş yönünün aynı olduğu sistemler paralel akımlı sistemler olarak

adlandırılmakta olup paralel akımlı akışlarda ani buharlama sonucunda oluşan kuru partiküller termal degredasyon limiti olan orta derecede sıcaklığa maruz kalmaktadır. Karşıt akımlı sistemlerde ise; sıvı besleme ve hava akımı ters yönden sağlanmakta olup; kuru partiküller doğrudan çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı için ısıya duyarlı ürünlerin kurutulmasında tercih edilmemektedir. Karşıt akımlı sistemler paralel akımlılara göre daha ekonomiktir (Gharsallaoui et al., 2007). Isıya duyarlı bileşenlerce zengin gıdalar için paralel yönde beslenen sıcak hava tercih edilmektedir. Yüksek sıcaklıkta beslenen hava (120-200°C) siklona doğru soğumakta (50-80°C) ve böylece toz ürün yüksek olmayan sıcaklıktaki havayla temas ederek termal bozulma azaltılabilmektedir (Murugesan and Orsat, 2012; Gharsallaoui et al., 2007). Kurutma işlemi sonucunda elde edilen toz ürünün nem içeriği genellikle %1 ile %3 arasında değişmektedir (Vega and Roos, 2006).

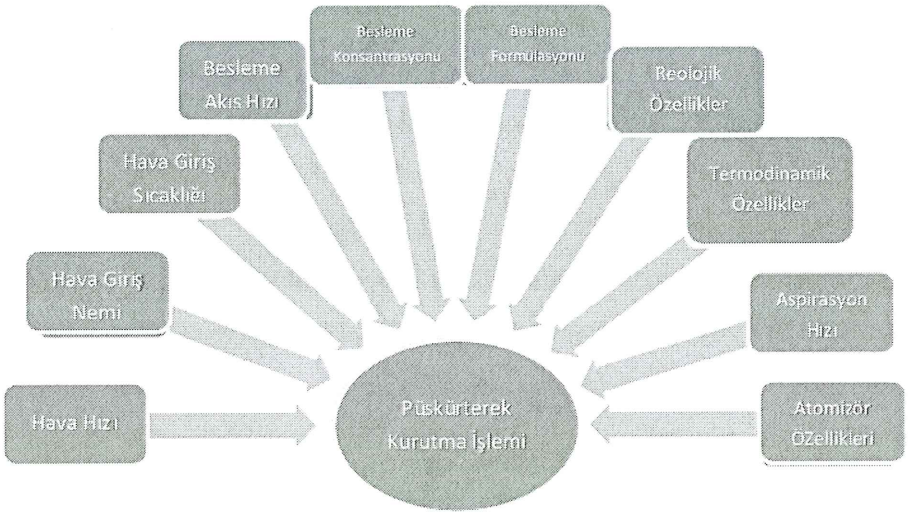


Şekil 2.1. Püskürtmeli kurutma işlemi (Shishir and Chen, 2017)

2.2.1 Kurutma İşlemine Etki Eden Faktörler

Püskürtmeli kurutma işleminde son ürün kalitesini etkileyen faktörler; işlem koşulları (hava giriş sıcaklığı, hava çıkış sıcaklığı, atomizör basıncı, atomizör dönüş hızı, hava giriş hızı, giren havanın bağıl nemi, besleme akış hızı), besleme özellikleri (kimyasal kompozisyon, viskozite, yoğunluk, besleme

sıcaklığı), kurutma ajanı özellikleri ve konsantrasyonu, püskürtmeli kurutucu dizaynı (hava akış hızı ve yönü (paralel, karşıt ve paralel-karşıt) ve atomizör/nozul) olarak dört grup altında toplanabilmektedir (Ersus ve Yurdagel, 2007; Goula and Adamopoulos, 2008, Koç et al., 2011; Bhusari et al., 2014). Püskürtmeli kurutma işlemini etkileyen faktörler Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutma işlemini etkileyen faktörler (Keshani et al., 2015)

İşlem Koşulları

Hava Giriş Sıcaklığı

Hava giriş sıcaklığı püskürtülerek kurutulmuş toz ürünün kalite özelliklerine etki eden en önemli faktörlerden biridir. Püskürtmeli kurutucuda kurutma kabininin sıcaklığı hava giriş sıcaklığı olarak adlandırılmaktadır. Atomizasyon işleminden sonra sıvı damlacıkların yüzey alanının arttırılarak, sıvı damlacıklar giriş havası içine püskürtülerek sıcak hava ile temas etmekte ve toz ürüne dönüşmektedir. Püskürtmeli kurutma işlemi genellikle 150-300°C hava giriş sıcaklıkları arasında gerçekleştirilmekte olup beslemenin özelliklerine bağlı olarak bu sıcaklık değişiklik göstermektedir (Matalanis et al., 2011). Yüksek hava giriş sıcaklıkları kuruma hızını ve verimini arttırarak; işlem süresini, toz

ürünün nem içeriğini ve yığın yoğunluğunu azaltmaktadır (Chegini and Ghobadian, 2007; Cai and Corke, 2000).

Hava giriş sıcaklığı püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş tozların partikül boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek hava giriş sıcaklıklarında damlacıklarda bulunan suyun hızlı buharlaşması sonucunda yeterli miktarda büzüşme olamamakta ve büyük partikül boyutlu parçacıklar oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklıklarda kurutulan örneklerin partikül boyutunun, düşük sıcaklıklarda kurutulanlara göre daha büyük olduğu belirtilmiştir (Kha et al., 2010; Tonon et al., 2008). Yüksek buharlaşma hızına bağlı olarak oluşan büyük partiküllerin yapısında bulunan gözenekler poröz yapı oluşmasına neden olmakta ve düşük yığın yoğunluklu toz ürün oluşmaktadır (Fazaeli et al., 2012; Chegini and Ghobadian, 2007). Ayrıca, Tze et al. (2012) hava giriş sıcaklığı arttıkça, toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık davranışlarının olumsuz olarak etkilendiğini belirtmişlerdir. Çok yüksek hava sıcaklıklarında ani kurumaya bağlı olarak partikül yüzeyinde oluşan kabuk partiküle su girişini engelleyerek toz ürünün çözünebilme ve ıslanabilme süresinde artışa neden olmaktadır (Chegini and Ghobadian, 2005).

Pigmentler, C vitamini, karotenler ve fenolik bileşenler gibi ısıya duyarlı bileşenler hava giriş sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Hava giriş sıcaklığı arttıkça oksidasyona ve termal bozulmaya bağlı olarak ısıya duyarlı bileşenlerde kayıplar meydana gelmektedir (Murali et al., 2015; Tze et al., 2012; Kong et al., 2010; Kha et al., 2010; Tonon et al., 2008; Quek et al., 2007).

Püskürtmeli kurutma işleminde yüksek hava sıcaklığı istenen bir parametre olmasına rağmen; kurutma sırasında ani kurumaya bağlı kabuk oluşumu, toz ürün ve ısıya duyarlı bileşenlerin kayıplarına ve yapışkan bir yapı oluşumuna neden olan yüzey bozulması, aşırı kabarcık oluşumu ya da kuru üründe zarara neden olabilecek derecede çok yüksek sıcaklıklarda kurutma işlemi yapılmamalıdır (Lantigua et al., 2011).

Püskürtmeli kurutma işleminde hava giriş sıcaklığının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisini incelendiği çalışmalar Çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Hava giriş sıcaklığının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi

Örnek	Kurutma Parametreleri	Kurutma ajanı	Etki	Referans
Kara Havuç Suyu	Hava Giriş Sıcaklığı: 150-225°C ↑	Maltodekstrin(MD) Gam Arabik (GA) Tapyoka (Tapioca) Nişastası (TS)	↑Antosiyanin Kaybı ↓Antioksidan Aktivite	Murali et al., 2015
Glutenli Siyah Pirinç Kepeği	Hava Giriş Sıcaklığı: 140-180°C ↑	Glutenli Siyah Pirinç Maltodekstrin (BRM 10, 20 ve 30) Maltodekstrin(DE10)	↑Verim ↑Çözünürlük ↑Dağılabilirlik ↑Akabilirlik ↑Antosiyanin Kaybı ↓Yığın Yoğunluğu	Laokuldilok et al., 2015
Ada Çayı Ekstraktı	Hava Giriş Sıcaklığı: 145-165°C ↑	Maltodekstrin (MD) B-Siklodekstrin (B-CD) Gam Arabik (GA)	↑↓Verim, ↑↓YığınYoğunluğu ↑↓Toplam Fenolik Madde İçeriği, ↑↓Antioksidan Aktivite	Şahin-Nadeem et al., 2013
Zencefil Suyu	Hava Giriş Sıcaklığı: 120-150°C ↑	Maltodekstrin (MD) Glikoz (SG)	↓Nem İçeriği ↓Su Aktivitesi ↓Yığın Yoğunluğu ↓Renk Değerleri ↓Su Tutma ↑ Partikül Boyutu ↑Çözünürlük	Phoungchan dang and Sertwasana, 2010
Kara Havuç Antosiyan inleri	Hava Giriş Sıcaklığı: 160-200°C ↑	Maltodekstrin (10DE, 20-23DE, 28-31DE)	↑Antosiyanin Kaybı	Ersus and Yurdagel, 2007
Domates Püresi	Hava Giriş Sıcaklığı: 110-140°C ↑	-	↑Nem İçeriği ↑Higroskopite ↑Çözünürlük ↑↓Yığın Yoğunluğu ↑Likopen Kaybı	Goula et al., 2004; Goula and Adamopoulos, 2005

***Semboller; ↑ Artış, ↓ Azalış ve ↑↓Dalgalanma (Artış ve/veya Azalış)**

Hava Çıkış Sıcaklığı

Genellikle püskürtmeli kurutma sistemlerinde toz ürünlerin nem içeriği çıkan hava ile kontrol edilmektedir. Ayrıca havanın nem içeriğinin ürünün nem içeriğini etkileyebileceği belirtilmiştir. Hava çıkış sıcaklığı; hava giriş sıcaklığı ve besleme debisiyle doğrudan etkileşim halindedir (Ersus and Yurdagel, 2007). Yapılan çalışmalar sonucunda hava çıkış sıcaklığının elde edilen toz ürünün nem içeriği, verimi, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu üzerinde son derece önemli olduğu belirtilmiştir (Özdikicierler, 2010; Koç et al., 2011).

Atomizör Tipi ve İşlem Koşulları

Atomizörün ana fonksiyonu sıvı beslemenin yüzey alanını maksimize etmek ve böylece etkin ve yeterli kuruma sağlamaktır. Atomizör tipi, basıncı ve dönüş hızı toz ürünün kalite özelliklerini etkilemektedir. Legako and Dunford (2010) üç farklı tip atomizör olduğunu, bunların; iki akışkanlı basınçlı nozul atomizörler, üç akışkanlı basınçlı nozul atomizörler ve ultrasonik atomizörler olduğunu belirtmişerdir. Atomizör dönüş hızındaki artış, beslenen örneğin daha küçük damlacıklar halinde sisteme girmesini sağlamaktadır. Bu durum damlacıkların hava ile temas yüzeyini ve kurutma hızını arttırmakta ve nem içeriği düşük toz ürün elde edilmektedir. Bununla beraber yüksek atomizör hızı sağladığı geniş yüzey alanı sayesinde kurutma hızını arttırmanın yanı sıra, damlacık yüzeyinde kabuk oluşumunu engellemekte ve sonuç olarak partikül boyutunun küçülmesine neden olmaktadır. Ayrıca, yüksek atomizör hızında, yığın yoğunluğunun yüksek olduğu belirtilmiştir (Chegini and Ghobadian, 2005).

Besleme Akış Hızı

Püskürtmeli kurutma işleminde yüksek besleme akış hızı pompa hızı ile ilişkili olup beslemenin giren hava ile temas etme süresini kısaltmaktadır. Temas süresine bağlı olarak ısı transfer verimliliği ve buharlaşan su miktarı azalmaktadır. Bu durum elde edilen toz ürünün nem içeriğinde artışa neden olmaktadır. Yüksek besleme hızı, ısı ve kütle transferini azalttığı için oluşan yüksek nemli toz ürünler kuruma kabinine yapışmaktadır. Ayrıca, yüksek besleme hızında sıvı besleme atomizörde yeterince kalamadığı için damlacıklar oluşamamakta ve doğrudan kuruma kabinine geçen bir kısım sıvı besleme verimi düşürmektedir (Tonon et al., 2008; Chegini and Ghobadian, 2007; Hong and Choi, 2007). Sabit atomizör hızında, besleme akış hızındaki artışın toz ürünlerin kalan nem içeriğine bağlı olarak ortalama ıslanabilirlik süresini azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, partikül boyutunu arttırdığı ve kuru katı içeriğine kıyasla su yoğunluğunun yüksek oluşu nedeniyle toz ürünlerin yığın yoğunluğunda artış olduğu belirtilmiştir (Chegini and Ghobadian, 2007).

Kurutma Havasının Akış Hızı

Püskürtmeli kurutucuda kullanılan kurutma havasının akış hızı, kurutma kabinine beslenen hava akış hızını temsil etmekte olup; sıvı beslemeden buharlaştırılması gereken su miktarı için gereken enerjiyi sağlamaktadır. Kurutma havasının akış hızı, suyun buharlaşma hızını etkilemektedir. Düşük hava akış hızlarında kuruma süresi uzamakta olduğundan buharlaşma rahatlıkla sağlanırken, yüksek hava akış hızlarında kuruma süresi kısalmakta ve yetersiz temas sonucu kuruma süresi kısalmakta ve yüksek nem içerikli ürün elde edilmektedir (Goula and Adamopoulos, 2005; Goula et al., 2004).

Besleme Özellikleri ve Kurutma Ajanları

Püskürtmeli kurutma öncesinde sıvı beslemenin hazırlanması gerekmektedir. Konsantrasyon işlemi, işlem maliyetini düşürmek için yaygın olarak kullanılan bir işlemdir. Besleme solüsyonunun kuru madde içeriğinin arttırılmasıyla buharlaşacak su miktarı azalacağından işlem süresi kısalmakta ve böylece enerji ekonomisi sağlanmaktadır (Tontul and Topuz, 2017).

Püskürtmeli kurutucuda kurutulan gıdalar iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar; doğrudan püskürtmeli kurutucuda kurutulabilen (yapışkan olmayan gıdalar) ve normal kurutma koşulları altında kurutulamayan (yapışkan gıdalar). Yapışkan gıdalar düşük molekül ağırlıklı şeker (glukoz, fruktoz ve sukroz) ve organik asit (sitrik, malik ve tartarik asit) içeriği yüksek olan gıda maddeleridir ve kurutma işlemi sırasında kuruma kabini içinde sıvı formdan katı forma dönüşememekte ve kurutma kabininde yapışarak, kurutma sorunlarına ve düşük verime neden olmaktadırlar (Bhandari et al., 1997; Bhandari and Howes, 2005). Yapışkanlık problemi, düşük molekül ağırlıklı şekerlerin higroskopite (su alma yeteneği), termoplastiklik özelliği ve düşük camsı geçiş sıcaklığından (T_g) kaynaklanmaktadır. Camsı geçiş sıcaklığı amorf yapıdaki maddelerin sıvı halden toz forma geçiş sıcaklığını ifade eden temel özelliktir. Katı amorf yapıdaki şekerlerin sıvı yumuşak ve lastiğimsi (sıvı) forma dönüşmesiyle camsı yapı oluşmaktadır (Fazaeli et al., 2012). En düşük molekül ağırlıklı çözgen olan suyun camsı geçiş sıcaklığı (T_g) -135°C ve düşük molekül ağırlıklı şekerlerin camsı

geçiş sıcaklıkları sırasıyla glukoz için T_g=31°C, fruktoz için T_g=5°C, sukroz için T_g=62°C, galaktoz için T_g=32°C ve maltoz için T_g=87°C olarak ölçülmüştür (Bhandari et al., 1997; Ellis, 1988). Organik asitlerin camsı geçiş sıcaklığı ise; saf sitrik asit için T_g=15.73°C, saf malik asit için T_g=11.03°C ve saf tartarik asit için T_g=20.57°C olarak belirtilmiştir. Püskürtmeli kurutma işlemi düzensiz yapıda toz ürün oluşturan hızlı bir prosestir. Düzensiz yapıdaki katıların viskozitesi çok yüksektir (>10^{12}Pa.s) ve kurutma işlemi boyunca sıcaklık yükseldikçe viskozite yapışkanlığın başladığı 10^7Pa.s civarına kadar düşmektedir. Yapışkanlıktaki artış ya da toz üründeki yapısal değişimin; ürünün sıcaklığı ile camsı geçiş sıcaklığı arasındaki farka bağlı olduğu belirtilmiştir. Püskürtmeli kurutma işlemi sırasında çıkış hava sıcaklığı, düşük molekül ağırlıklı şekerlerin camsı geçiş sıcaklığının 20°C üzerine ulaşması durumunda, şekerler yapışkan yüzeyli yumuşak partikül olma eğilimi göstermekte ve sonuç olarak toz ürün yerine yapışkan bir yapı oluşmaktadır. Bu nedenle kurutma işlemi boyunca partikül yüzey sıcaklığının T_g' nin 10–20°C üzerine ulaşmaması gerektiği belirtilmiştir (Goula and Adamopoulos, 2008; Bhandari and Howes, 1999; Bhandari et al., 1993).

Düşük molekül ağırlıklı şekerlerin ve organik asitlerin, moleküler hareketliliği düşük camsı geçiş sıcaklıklarından dolayı yüksektir ve bu durum yapışma problemine neden olmaktadır (Du et al., 2014). Camsı yapıdan lastiğimsi yapıya geçiş sırasında, maddenin yüzey enerjisi artarak moleküller katı yüzeyle etkileşime girmeye başlamaktadır. Gıdaların kurutulması sırasında, ürün sıvı ya da lastiğimsi formdadır ve plastikleştirici etki gösteren suyun uzaklaşmasıyla lastiğimsi yapı camsı yapıya dönüşmektedir. Eğer gıda maddesi camsı geçiş sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta kurutuluyor ise; gıda yüksek enerjili yapışkan formda kalarak dönüşümünü tamamlayamamakta ve katı yüzeye tutunarak yapışmaktadır (Bhandari and Howes, 2005). Yapışkanlık probleminin kontrolünde kullanılan temel yaklaşımlar; yüksek molekül ağırlıklı kurutma ajanlarının besleme solüsyonuna ilavesiyle camsı geçiş sıcaklığının yükseltilmesi, kurutma çemberinin mekanik kuvvetle kazınması, çıkışta soğutma havasının kullanılması vb. (Truong et al., 2005). En çok kullanılan kurutma ajanları; maltodekstrin, gam Arabik, peynir altı suyu tozu, jelatin, nişasta, pektin, metil selüloz ve benzeridir (Iqual et al., 2014; Truong et al., 2005). Quek et al.,

2007 yüksek molekül ağırlıkları ve camsı geçiş sıcaklıkları ile yüksek çözünürlük ve düşük viskoziteleri nedeniyle meyve ve sebze sularının kurutulmasında en çok kullanılan kurutma ajanlarının maltodekstrin (T_g=100-243°C (36DE için 100°C, 25DE için 121°C, 20DE için 141°C, 10DE için 160°C, ve 5DE için 188°C) (Roos and Karel, 1991) ve gam Arabik (T_g=126°C (Schutyser et al., 2012)) olduğunu belirtmiştir. Kurutma ajanlarının tek başlarına kullanıldığı gibi birlikte kullanıldığı pek çok çalışma literatürde mevcuttur (Kingwatee et al., 2015; Şahin-Nadeem et al., 2013; Peng et al., 2013). Kurutma ajanlarının ilavesi sadece yapışkanlığı azaltmamakta aynı zamanda da toz ürünlerin higroskopitesini azaltmakta ve fenoller, vitaminler ve karotenoidler gibi hassas bileşenleri korumaktadır (Fernandes et al., 2011). Kurutma ajanının seçiminde sıvı beslemenin özellikleri oldukça önemlidir.

Nişasta, mısır şurubu ve maltodekstrin gibi karbonhidratlar suda yüksek çözünürlükleri, yüksek konsantrasyonlarda dahi düşük viskoziteye sahip olmaları, gıdaya renk, koku ve tat vermemeleri gibi nedenlerle sıklıkla kuruma ajanı olarak kullanılmaktadırlar. Ancak yeterli ara yüzey özelliklerine (interfacial properties) sahip olmadıkları için iyi bir enkapsülasyon ajanı değillerdir, bu nedenle protein ve gam gibi diğer kaplama ajanlarıyla birlikte kullanılmaktadırlar. Ancak bazı hidrolize nişastalar yüzey aktif özelliklere sahip oldukları için püskürtmeli kurutma işleminde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Maltodekstrinler $(C_6H_{10}O_5)_nH_2O$; 1-4 bağlarına bağlanmış α-D- glukoz birimlerini içeren sakkarit polimerleridir. Ortalama zincir uzunluğunda 3-20 glukoz molekülü içermekte olup geniş polimerizasyon derecesine sahiptirler. İndirgen şeker içeriğinin bir ölçüsü olan dekstroz eşdeğeri (DE) 2 ile 20 arasında değişen nişasta ürünleridir. Maltodekstrinler genel olarak yağ ikamesi (düşük kalorili salata sosları, diyet hububat ürünleri), içecek (tatlılığı azaltmak amacıyla) ve dondurulmuş tatlılarda (dondurma işlemi boyunca büyük kristallerin oluşumunu engellemektedir) ve pek çok gıda maddesinde kullanılmaktadır. Katkı maddesi olarak gıdaya kıvam, viskozite, yumuşak tekstür ve stabilite sağlamaktadır (Moore et al., 2005). Ayrıca, çeşitli emülsiyonlarda istenen viskozite, tekstür ve ağız hissi sağlamak için de kullanılmaktadır (Dokic- Baucal et al., 2004). Oksidasyona karşı iyi bir bariyer oluşturan maltodekstrinler düşük emülsiyon oluşturma kapasitesine sahiptirler bu nedenle genel olarak gam Arabik, modifiye nişasta, ya da proteinlerle karıştırılarak

kullanılmaktadırlar (Kenyon, 1995; Gharsallaoui et al. 2007). Maltodekstrinler, düşük higroskopite, partiküllerin topaklanmasını önleme, soğuk suda yüksek çözünürlük, antioksidatif etkisi ve düşük maliyet gibi özellikleriyle genellikle kurutma ajanı olarak kullanılmaktadırlar (Tonon et al., 2009).

Gamlar film oluşturma ve emülsiyon sabitleme özellikleri nedeniyle sıklıkla mikroenkapsülasyon için kullanılmaktadırlar. Gamların yaklaşık %80'i *Acacia Senegal* türünden geri kalanı ise *Acacia Seyal* ve *Acacia laeta*'den oluşmaktadır (Dickinson, 2003; Bouyer et al., 2012). Gamlar içinde Acacia gam genellikle gam Arabik olarak adlandırılmaktadır ve mükemmel emülsiyon oluşturma özelliği nedeniyle yağların enkapsülasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Gam Arabik film oluşturma kapasitesi, yağ damlacıkları etrafında makromoleküler stabilize edici katmanı oluşturma yeteneği nedeniyle oldukça pahalı bir katkı maddesidir (Dickinson, 2003). Gam Arabik (Moleküler ağırlığı yaklaşık 500.000 Dalton'dur.) yüksek dallanmış yapılı kompleks heteropolisakkarittir ve D-glukuronik asit, L-rhamnoz, D-galaktoz ve L-arabinozdan oluşan bir polimerdir ve yaklaşık %2 oranında protein içermektedir. (Dickinson, 2003; Krishnan et al., 2005; Gharsallaoui et al. 2007; Kanakdande, et al., 2007; Tonon et al., 2009). Ayrıca gam Arabik sulu çözeltilerde düşük viskozite ve yüksek çözünürlük sergilemektedir (Tonon et al., 2009). Ayrıca oksidasyona karşı yüksek stabilite göstermekle birlikte seçici bir geçirgen zar gibi davranarak oksidasyona karşı kısmi koruma sağlamaktadır. Enkapsülasyon kapasitesi nedeniyle genel olarak lezzet bileşenlerinin enkapsülasyonunda kullanılmakta olup; kurutma işlemi sırasında pek çok uçucu bileşenin tutunmasını sağlamaktadır. Ancak, maliyetinin yüksek oluşu, bölgesel olarak üretilmesi nedeniyle zor bulunması gibi zorluklar bulunmaktadır (Gharsallaoui et al., 2007; Sahini and Han, 1993).

Proteinler, çeşitli farklı kimyasal yapılardan oluşmakta ve farklı yapıdaki kimyasal maddelerle etkileşime girmektedirler. Yüksek molekül ağırlığına sahiptirler ve moleküler çember esnekliği sergilemektedirler. Bu nedenle mükemmel fonksiyonel özelliklere sahiptirler. Fonksiyonel özellikleriyle proteinler iyi bir kaplama materyalidir, farklı solventler içinde çözünebilirler, emülsiyon ve film oluşturma kapasiteleri oldukça yüksektir. Ayrıca lezzet

bileşenlerinin tutulmasında önemli rol oynamaktadır. Enkapsülasyon amaçlı olarak sıklıkla kullanılan proteinler; süt tozu, peynir altı suyu tozu ve jelatindir (Gharsallaoui et al. 2007; Tontul and Topuz, 2017).

Besleme çözeltisine kurutma ajanlarının ilavesiyle beslemenin yapışkanlığı azaltmakta ve kurutma verimi artmaktadır. Ayrıca besleme çözeltisinin kuru madde içeriği arttığı için buharlaşacak su miktarı azalmakta ve düşük nem içerikli ve su aktivitesine sahip toz ürün elde edilmektedir (Quek et al., 2007; Abadio et al., 2004).

Püskürtmeli kurutma işleminde farklı kurutma ajanlarının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar Çizelge 2.8' de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Püskürtmeli kurutma işleminde kullanılan farklı kurutma ajanlarının toz ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi

Örnek	Kurutma Parametreleri	Kurutma ajanı	Etki	Referans
Liçi (Lychee) suyu	Hava Giriş Sıcaklığı: 150-170°C Hava Çıkış Sıcaklığı: 60-90°C	Maltodekstrin(MD) Gam Arabik (GA) MD+Inülin (I) GA+ Inülin (I)	↑Toplam Antosiyanin ve C Vitamini; GA+I >GA> MD> MD+I ↑Toplam Fenolik Madde; GA+I> GA >MD+I>MD ↑Camsı Geçiş Sıcaklığı; GA+I>MD+I> GA>MD ↓Higroskopite; GA+I<MD+I< GA< MD ↓Nem İçeriği; GA < GA+I <MD < MD+I ↑Çözünürlük; MD>MD+I>GA>GA+I ↑Yığın Yoğunluğu; GA>GA+I>MD>MD+I	Kingwatee et al., 2015
Kara Havuç Suyu	Hava Giriş Sıcaklığı: 150-225°C	Maltodekstrin(MD) Gam Arabik (GA) Tapyoka (Tapioca) Nişastası (TS)	↓Antosiyanin Kaybı; MD>GA>TS ↑Antioksidan Aktivite; MD>GA>TS ↑Enkapsülasyon Verimi; MD>GA>TS ↑Çözünürlük; MD>GA>TS	Murali et al., 2015
Glutenli Siyah Pirinç Kepeği	Hava Giriş Sıcaklığı: 140-180°C	Glutenli Siyah Pirinç Maltodekstrini (BRM 10, 20 ve 30) Maltodekstrin (MD, DE10)	↓Antosiyanin Kaybı; BRM 20>MD>BRM10 >BRM30 ↑Verim; BRM20> MD>BRM10> BRM 30	Laokuldilok et al., 2015
Mor Tatlı Patates Püresi	Hava Giriş Sıcaklığı: 100°C Hava Çıkış Sıcaklığı: 200°C	Maltodekstrin (MD) Beta Siklodekstrin (B-CD) MD+ B-CD (5:1 Ağırlık: Ağırlık)	↓Antosiyanin, Flavonoid ve Toplam Fenolik Madde Kaybı; MD > MD+ B CD> B-CD ↑Antioksidan Aktivite; MD > MD+ B CD> B-CD	Peng et al., 2013
Ada Çayı Ekstraktı	Hava Giriş Sıcaklığı: 145-165°C	Maltodekstrin (MD) Beta Siklodekstrin (B-CD) Gam Arabik (GA)	↑Verim; β-CD>GA>MD ↓Nem İçeriği; GA> MD> β-CD ↓Su Aktivitesi; β-CD> MD>GA ↑Çözünürlük; β-CD> MD>GA ↑Yığın Yoğunluğu; β-CD> MD>GA ↑Toplam Fenolik Madde İçeriği; ; GA> β-CD>MD ↑Antioksidan Aktivite; GA> β-CD>MD	Şahin-Nadeem et al., 2013
Zencefil Suyu	Hava Giriş Sıcaklığı: 120-150°C	Maltodekstrin (MD) Sıvı Glikoz (SG) (1) Kurutma ajanı Konsantrasyonu: 0-10% ↑ (2)	1. ↓Nem İçeriği; LG>MD ↓Su Aktivitesi; MD> LG ↑Su Tutma; LG>MD 2. ↓Nem İçeriği ↓Su Aktivitesi ↓Su Tutma ↓Partikül Boyutu ↑Çözünürlük ↑Verim	Phoungchandang and Sertwasana, 2010
Kara Havuç Antosiyaninleri	Hava Giriş Sıcaklığı: 160-200°C	Maltodekstrin (10DE, 20-23DE, 28-31DE)	↓Antosiyanin Kaybı; 20-23DE>10DE28-31DE	Ersus and Yurdagel, 2007

***Semboller; ↑ Artış, ↓ Azalış ve ↑↓Dalgalanma (Artış ve/veya Azalış)**

2.2.2 Püskürtmeli kurutma işleminin Avantajları ve Dezavantajları

Püskürtmeli kurutma yöntemi; gıda işleme endüstrisinde yaygın olarak gıda tozlarının ve aglomeratların eldesinde kullanılmaktadır. Püskürtmeli kurutma işlemi hijyenik, işletme masrafları düşük, hızlı ve otomatik olarak kontrol edilebilen bir yöntemdir. Ayrıca, kararlı (nem içeriği ve su aktivitesi düşük) ve yüksek kalitede (renk, lezzet ve besin değeri) ürün eldesine olanak sağladığı için gıda sanayiinde oldukça sık kullanılmaktadır (Rodriguez-Hernandez et al., 2005; Vega and Roos, 2006; Yousefi et al., 2011). Elde edilen toz ürünler genellikle düşük partikül boyutu ve yüksek yığın yoğunluğuyla işleme, taşıma, paketleme ve depolama kolaylığı sağlamaktadır (Barbosa-Canovas and Juliano, 2005; Intipunya and Bhandari, 2010). Kurutma koşulları sabit tutulduğu sürece standart kalitede toz ürün elde edilmektedir. Farklı şekilde kurutma tasarımları gerçekleştirilmesine olanak sağlamasının yanı sıra farklı türde beslemelerin kurutulması için uygundur (Vega and Roos, 2006). Elde edilen toz ürünün nem içeriği %1-3 arasında değişmekte olup, bu nem değerleri mikrobiyal gelişmeyi inhibe etmesi, kimyasal ve biyolojik bozulmayı azaltması sayesinde ürünlerin raf ömrünü önemli ölçüde uzatmaktadır (Vega and Roos, 2006; Gharsallaoui et al., 2007).

Bu yöntemde sıvı besleme sıcak hava ile çok kısa süre (5-100s) temas etmesine rağmen, besleme çok yüksek sıcaklıklara (120-200°C) maruz kaldığı için ısıya duyarlı bileşiklerde (C vitamini, karotenler, likopen, klorofil, fenolik bileşikler vb.) kayıplar meydana gelebilmektedir (Dziezak, 1988; Kong et al., 2010; Patil et al., 2014). Ayrıca, yüksek şeker içerikli sebze ve meyve suyu gibi gıda maddeleri düşük camsı geçiş sıcaklıkları nedeniyle yapışma eğiliminde olduklarından doğrudan püskürtmeli kurutucuya beslenememekte ve bir kurutma ajanına ihtiyaç duyulmaktadır (Bhandari et al., 1997).

2.2.3 Meyve ve Sebze Tozları

Meyve ve sebzeler, vitamin, mineral ve karbonhidrat kaynağıdır. Vitaminler ve mineraller diyetle sürekli alınması gereken esansiyel bileşiklerdir. Meyve ve sebzelerin raf ömürleri kısa olduğundan depolama süresince besin içeriğinde çok önemli kayıplar meydana gelmektedir (Tontul and Topuz, 2017). Bu amaçla, uzun süre muhafazasında zorluklar bulunan meyve ve sebze sularının mikroenkapsülasyon tekniği ile toz forma dönüştürülmesi son yıllarda sıklıkla

tercih edilen bir yöntem olmuştur. Meyve ve sebze tozları, uzun raf ömrünün yanı sıra; doz ayarlama, depolama ve ambalajlama kolaylığı, düşük taşıma maliyeti ve mikrobiyolojik stabilite gibi avantajlarından dolayı gıda formülasyonlarında yaygın olarak tercih edilmektedir (Koç ve ark., 2011). Toz gıdaların kalitesi fiziksel, kimyasal, toz ürün özellikleri, mikrobiyolojik ve duyusal olmak üzere 5 kategoride tanımlanmaktadır. Toz gıdaların kalite özelliklerini; kurutma yöntemi, kurutucu tipi, kurutma işlem koşulları, besleme ve kurutma ajanının özellikleri etkilemektedir (Martinelli et al., 2007). Toz gıdaların özellikleri; partikül özellikleri (partikül büyüklüğü, şekli, dağılımı ve yoğunluğu ve morfolojik özellikler), yığın özellikleri (yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, yapışkanlık) ve rekonstitüsyon özellikleri (batabilirlik, dağılabilirlik, ıslanabilirlik ve çözünürlük) olmak üzere üç grup altında incelenmektedir (Koç ve ark., 2011).

2.2.3.1. Partikül Özellikleri

Partikül özellikleri; tek bir taneciğin boyut, şekil, yüzey, yoğunluk ve sertlik gibi özelliklerini ifade etmektedir. Partikül dağılımı; partikülün boyutunun dağılımını belirtmekte; morfoloji ise bir nesnenin biçimi ile özelliklerin değerlendirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Koç ve ark., 2011). Toz ürünlerin morfoloji özellikleri genellikle geçirimli (Transmission electron microscopy, TEM) ve taramalı elektron mikroskopları (Scanning Electron Microscop, SEM) ile, partikül dağılımı ve boyutu ise elek analizi, optik mikroskop, X-Işını Kırınım yöntemi (X-Ray Diffraction, XRD) yada Lazer Işını Kırınım yöntemi (Laser Light Diffraction, LLD) ile belirlenmektedir (Erbay, 2013). Partikül yoğunluğu, partikül kütlesinin partikül hacmine oranı olup, yığın yapısı ve partikül büyüklüğü ile ilişkilidir. Mikroenkapsülasyon işlemiyle ulaşılmak istenilen ideal yapı tekdüze ve düzgün yüzey ve çeperlerde minimum çatlama ve tutulma gösteren küresel yapıdır (Tolun et al., 2016). Püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen toz partiküller genellikle küresel yapı gösterse de yüzeyde çatlaklar, kırıklar ve partikül içinde hava boşlukları olabilmektedir (Erbay, 2013). Bu durum işlem koşulları ve buharlaşma hızına bağlıdır. Yüksek kurutma hızlarında ince kabuklu düşük yoğunluklu büyük tanecikler elde edilmekte, düşük kurutma hızında ise kalın kabuklu yüksek yoğunluklu ürünler elde edilmektedir. Oluşan kabuk içinde kalan buharlaşamayan suyun kabuğa oluşturduğu basınç nedeniyle kırılan kabukta

boşluklar oluşmaktadır. Büzüşme ise, düşük kurutma sıcaklıklarında nemli kalan yüzey nedeniyle oluşan içi boş partiküllerin soğuma sırasında sönmesine bağlı olarak oluşmaktadır (Koç ve ark., 2011).

2.2.3.2. Yığın Özellikleri

Toz ürünlerin yığın özelliklerini; batabilme, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu, akabilme ve sıkıştırılabilme özellikleri belirlemektedir.

Yığın yoğunluğu hava boşlukları dahil toz kütlenin kapladığı hacme oranı iken, hava boşlukları dışında sadece toz kütlenin kapladığı hacme oranı sıkıştırılmış yoğunluk olarak tanımlanmakta olup birimi kg/m^3' tür. Belli bir hacme sahip paketleme materyali içerisine konulabilecek toz ürün miktarının belirlenmesi, son ürünün öğütülme kalitesi ve ürünün istenilen nem içeriğine kadar kurutulduğunu göstermesi açısından toz ürünlerin yığın yoğunluğunun belirlenmesi önemlidir (Koç ve ark., 2011). Sıkıştırılmış yoğunluk tozların yığın formdayken ne kadar sıkıştırılabileceği hakkında bilgi vermektedir. Yığın yoğunluğu; toz ürünün nem içeriği, partikül şekli ve büyüklüğü, gözenekliği ve yoğunluğu, partiküller arası çekim ve tutunma (kohezyon) kuvvetleri ve yüzey aktivitesinden etkilenmektedir. Yığın yoğunluğunun yüksek olması paketleme giderlerinin azalması ve taşıma kolaylığı açısından önemlidir. Ancak yüksek yığın yoğunluğuna sahip mikrokapsüller arasındaki hava boşluklarının, oksidasyon nedeniyle ürünün stabilitesinin azalmasına neden olduğu belitilmiştir (Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Toz ürünlere ilave edilen kurutma ajanları, besleme solüsyonunun kuru madde içeriğini arttırarak partiküllerin ağırlığını arttırmakta ve yığın yoğunluğu artmaktadır (Cai and Corke, 2000). Kurutma ajanlarının bir diğer işlevi ise partiküller arası kuvvetleri ve kohezyonu azaltmaktır ve bunun sonucu olarak yığın yoğunluğu artmaktadır (Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Ayrıca kullanılan kurutma ajanlarının tipi de yığın yoğunluğunu etkilemektedir. Gam Arabik içeren tozların daha yoğun yapıya sahip olduğu belirtilmiştir (Carneiro et al., 2013). Bae and Lee (2008) püskürtmeli kurutulmuş avokado yağı tozlarının yığın yoğunluğunun kullanılan kurutma ajanına ve konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Sadece peynir altı suyu içeren avokado yağı tozlarının

yığın yoğunluğunun düşük olduğu, tozlara maltodekstrin ilavesiyle yığın yoğunluğunun arttığını belirtmişlerdir.

Toz ürünlerin akabilirliği serbest akma yeteneğiyle ilgilidir. Toz ürünlerin akabilirlik davranışı üretici ve son kullanıcılar için, paketleme, depolama, ölçüm, dolum, doz ayarlama, boşaltma, karıştırma, ekipman tasarımı ve performansı ve bir yerden başka bir yere taşıma açısından önemlidir (Caliskan and Dirim, 2016; Koç ve ark., 2011). Toz ürünlerin akabilme yeteneğinin (serbest akma davranışı) iyi olması ve yapışkan olmamaları özellikle toz formundaki karışımlar (hazır çorba, puding vb.) için önemlidir (Dirim, ve ark., 2015). Toz gıdaların akabilirlik ve yapışkanlık davranışları nem içeriği, kimyasal kompozisyon, partikül boyutu ve şekli gibi faktörlerden etkilenmekte olup sırasıyla Carr İndeks değeri ve Hausner oranına göre belirlenmektedirler. Yüksek Carr İndeks ve Hausner oranına sahip toz ürünler düşük akabilirlik ve yüksek yapışkanlık özellikleri göstermektedir (Jinapong et al., 2008; Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Toz ürünlerin nem içeriğindeki artış partiküller arası tutunma kuvvetlerini (kohezyon) arttırmakta ve akabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Iqbal and Fitzpatrick, 2008; Fitzpatrick et al., 2007). Ayrıca yağ oranındaki artış ve partikül boyutundaki azalış partiküller arasındaki kohezyonu arttırmakta ve akabilirlik değerleri önemli ölçüde düşmektedir (Fitzpatrick et al., 2007). Küresel, pürüzsüz yüzey ve büyük çapa sahip toz ürünlerin akabilirliği oldukça yüksek iken; küresel olmayan ve şekilsiz yüzeye sahip toz ürünler yüksek yapışkanlık ve düşük akabilirlik davranışı sergilemektedirler (Walton, 2000).

2.2.3.3. Rekonstitüsyon Özellikleri

Rekonstitüsyon terimi, kurutulmuş gıda maddelerinin kaybettiği suyu yüksek miktarda su içeren bir ortamda tekrar tutarak ilk halini almasını ifade etmektedir. Kullanılan kurutma yöntemi, kurutma koşulları ve toz ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri toz ürünlerin rekonstitüsyon özelliklerini etkilemektedir. Toz ürünlerin rekonstitüsyon özelliklerini; batabilme, dağılabilme, ıslanabilme ve çözünebilme davranışları belirlemektedir.

Batabilirlik, partiküllerin su yüzeyini aştıktan sonra su içerisine batma yeteneği olup, genellikle toz gıdaların batabilmesinde herhangi bir sorunla karşılaşılmamaktadır. Batabilme özelliği, yoğunluğa, kütleye ve hapsedilmiş hava miktarına bağlıdır. Yüksek yoğunluk ve aglomere yapı batmanın hızlanmasına neden olmaktadır (Erbay, 2013).

Dağılabilirlik, aglomere ya da toz ürünlerin düşük bir karıştırma kuvvetiyle topaklanma olmaksızın su içinde tekdüze olarak dağılabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Martinelli et al., 2007). Toz ürünün instant olup olmamasının bir ölçüsüdür. Partikül boyutundaki artış dağılabilirliği arttırmaktadır. Partikül yüzeyindeki yağ oranı, topaklanma ve laktoz kristalizasyonu dağılabilirliği olumsuz etkilemektedir (Erbay, 2013).

Islanabilirlik, toz partiküllerin su yüzeyi ile kendi arasındaki yüzey gerilimini aşabilme; tozun yüzeyden su emerek ıslanabilme yeteneğidir. Toz ürünlerin yüzey kompozisyonu (yağ, protein ve karbonhidrat), yüzey aktivitesi, yüzey alanı, partikül boyutu, gözenekliliği, yoğunluğu ve nem içeriği ıslanabilme özelliğini etkilemektedir. Tozların ıslanabilirliği, genellikle tozların yüzeyi ve penetre olan su arasındaki açı ile belirlenmektedir. Yüksek gözeneklilik ve geniş porlar yüksek oranda ıslanabilirlik sağlamaktadır (Fang et al., 2008; Goula and Adamopoulos, 2008; Koç ve ark., 2011). Yüksek nem içeriğinin tozların ıslanabilme sürelerini olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Chegini and Ghobadian, 2005; Jumah et al., 2000). Yüzeydeki yağ konsantrasyonundaki artış, yağın hidrofobik yapısı nedeniyle ıslanabilme yeteneğini olumsuz etkilemektedir. Bu durumun nedeni, toz ürünün suyla teması sırasında geniş açı oluşturmasıdır (Koç ve ark., 2011). Ayrıca kullanılan kurutma ajanının hidrofilik ya da hidrofobik olması da toz ürünlerin ıslanabilme yeteneğini etkilemektedir. Gam Arabik hidrofobik yapı gösterdiği için ıslanabilme süresi maltodekstrine göre daha uzun bulunmuştur (Nurhadi et al., 2012; Wiliam and Philips 2000). Suyun yüzey gerilim kuvvetinin azalması, yağın erime noktasında bulunması ve yüksek sıcaklıklar, toz ürünlerin su içinde ıslanmasını desteklemektedir. Çok küçük partikül boyutuna (<100μm) sahip toz ürünlerin yapısında bulunan boşluklar çok küçük olduğundan dolayı ıslanmaya karşı direnç oluşturmaktadır (Koç ve ark., 2011).

Toz ürünün bir sıvı içerisinde rehidrasyonunu ifade eden çözünürlük, toz ürünlerin rekonstitüsyonu açısından önemli bir kriterdir. Kullanım kolaylığı açısından toz ürünlerin hızlı ve kolay bir şekilde çözünmesi gerekmektedir (Chen, and Patel, 2008; Fang et al., 2008). Toz ürünlerin çözünebilme özelliğini, nem içeriği, gözeneklilik, partikül yapısı ve boyutu etkilemektedir. Genellikle yüksek gözenekliliğe sahip dondurarak kurutulmuş tozlar su içinde kolayca çözünebilirken, sıcak hava yoğun yapının oluşmasına neden olduğu için suyun partikül içine girişi zor olmakta ve çözünebilirliği azalmaktadır (Caliskan, and Dirim, 2016; Krokida, and Philippopoulos, 2005). Küçük partikül boyutuna sahip partiküllerin suyla temas eden yüzey alanları daha fazla olduğu için daha yüksek çözünürlük davranışı sergilemektedirler (Kuck, and Noreña, 2016). Toz ürünlerin çözünebilirliğini kurutma ajanlarının yapısı da etkilemektedir. Gam Arabik hidrofobik yapı sergilerken, maltodekstrin suda çözünürlüğü yüksek olduğundan tercih edilmektedir. Ayrıca, maltodekstrinin dekstroz eşdeğeri de çözünürlük davranışı üzerinde önemlidir. Yüksek dekstoz eşdeğerine sahip maltodekstrinin su içinde daha hızlı disperse olduğu belirtilmiştir (Nurhadi et al., 2012).

2.2.3.4.Camsı Geçiş Sıcaklığı

Yüksek şeker içerikli gıda maddelerinin püskürtmeli kurutucu ile kurutulması işlemi düşük camsı geçiş sıcaklıkları nedeniyle oldukça zordur ve yapışma dolayısıyla düşük toz ürün verimine neden olmaktadır. Yapışkanlık eğilimi gıda maddesinin bileşimine bağlı olan düşük camsı geçiş sıcaklığı ile ilgilidir. Gıda maddesi yüksek kurutma sıcaklıklarına maruz kaldıklarında camsı yapıdan lastiğimsi yapıya dönüşmektedirler. Higroskopitedeki artış, suyla olan yüksek etkileşim ve partiküller arasındaki yüksek yapışkanlık davranışı kurutucu duvarlarına yapışmaya neden olmakta, verimi düşürmekte ve kurutma işleminde problemlere neden olmaktadır (Finney et al., 2002).

Camsı geçiş; amorf maddelerin camsı geçiş sıcaklığı boyunca oluşmaktadır. Pek çok durumda camsı geçiş sıcaklığı; camsı geçiş sıcaklığının gerçekleştiği sıcaklık aralığında ısı kapasitesinde meydana gelen değişimin başlangıç ya da orta noktası olarak kabul edilmektedir. Camsı geçiş sıcaklığı birincil olarak kalorimetrik ölçümlerle belirlenebilmektedir (Taramalı diferansiyel kalorimetre (Differantial Scanning Calorimetry, DSC). Camsı geçiş sıcaklığı gıda maddelerinin

stabilizasyonunun kontrol mekanizması olarak tanımlanmaktadır. Gıdaların stabilitesi için hem işlenmesi hem de depolanması sırasında camsı geçiş sıcaklığının belirlenmesi önemlidir. Camsı geçiş sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda; amorf yapıdaki maddeler tek başına kararlı halde bulunurken, camsı geçiş sıcaklığı üstündeki sıcaklıklarda moleküller düzene girmeye başlamakta ve kristalizasyon oluşmaktadır. Kurutma, dondurma ve ekstrüzyon gibi gıdalara uygulanan pek çok proses, amorf yapıların oluşumuna neden olmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Kurutma çalışmalarında kullanılan ıspanaklar ve havuçlar Buca Sebze Meyve Hali, İzmir'den temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

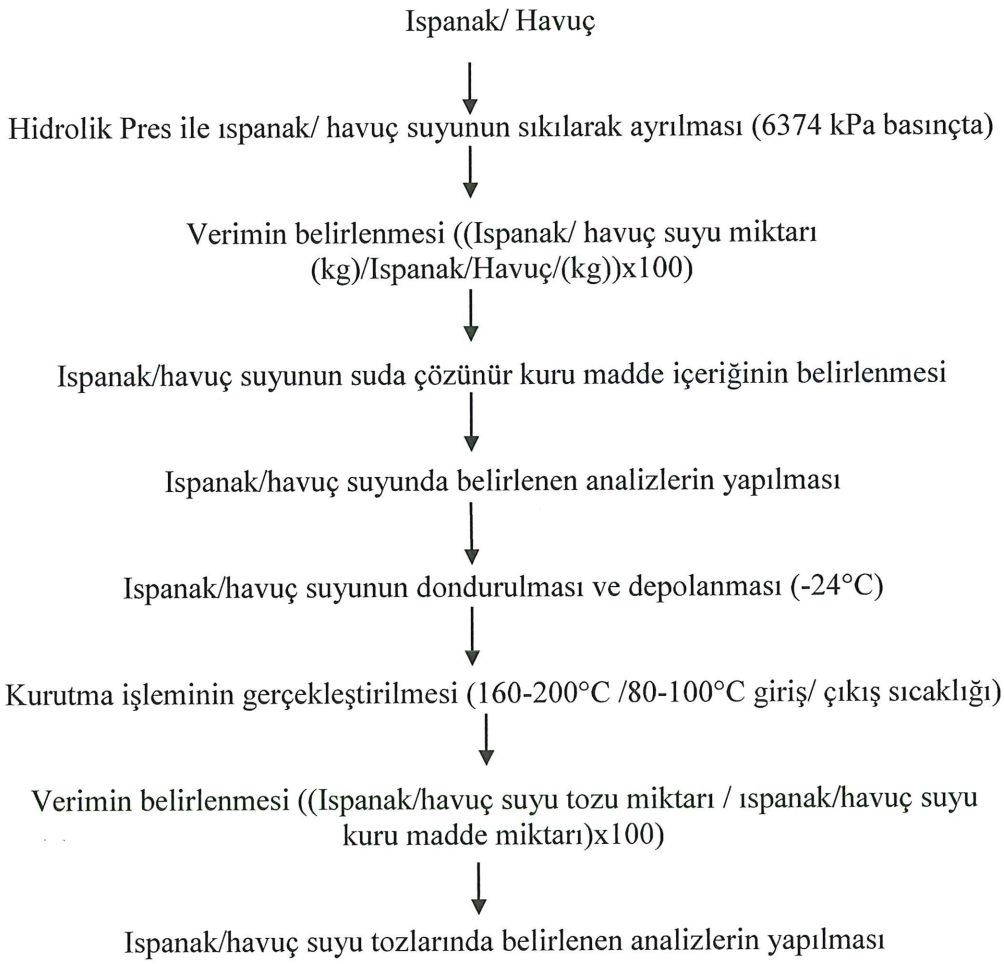
3.2.1 Ispanak ve Havuç Sularının Elde Edilmesi ve Püskürtmeli Kurutucuda Kurutulması

Ayıklanan, baş kısımları uzaklaştırılan, yıkanan ve fazla suyu alınan ıspanaklar ve havuçlar kurutma çalışmalarından önce hidrolik pres (Bucher-Guyer AG Type TPZ 7, İsviçre) ile sıkılarak (6374 kPa basınçta) ıspanak ve havuç suları elde edilmiştir. Ispanak ve havuç suları kaba filtre kağıdından (Whatman no:1) süzülerek elde edilen berrak ıspanak ve havuç sularının suda çözünür kuru madde içeriği (°Briks değerleri, HANNA HI 96801 Digital Refraktometre, Woonsocket, RI, ABD) marka refraktomekte ile belirlenmiştir. Ispanak ve havuç suları 1.5 litrelik temiz pet şişelere eşit miktarda doldurulmuş ve derin dondurucuda (-24°C) püskürtmeli kurutma denemelerinde kullanılacakları güne kadar depolanmıştır. Püskürtmeli kurutma çalışmaları Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Pilot Tesiste bulunan Niro- Atomizör Mobile Minor (Kopenhag, Danimarka) püskürtmeli kurutucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Niro-Atomizör Mobile Minor Model Püskürtmeli Kurutucu

Derin dondurucuda depolanan ıspanak ve havuç suları bir gece önce + 4°C sıcaklığındaki soğutucuya konularak çözdürülmüştür. Bu işlemin ardından ıspanak suları kurutma ajanı kullanılmadan, havuç suları ise farklı oranlarda maltodekstrin (18-20 DE), peynir altı tozu ve gam Arabik ilave edilerek püskürtmeli kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ispanak ve havuç suyu tozu üretimi akış şeması Şekil 3.2' de, ıspanak suyu tozu üretimi için uygulanan deneme planı Çizelge 3.1'de; havuç suyu tozu üretimi için uygulanan deneme planı ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Ispanak/havuç suyu tozu üretimi

Çizelge 3.1. Ispanak suyu tozu eldesi için uygulanan deneme planı

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Beslemenin Suda Çözünür Kuru Madde İçeriği (°Briks)
1	160	80	3.2
2	160	90	3.2
3	160	100	3.2
4	180	80	3.2
5	180	90	3.2
6	180	100	3.2
7	200	80	3.2
8	200	90	3.2
9	200	100	3.2

Çizelge 3.2. Havuç Suyu tozu eldesi için uygulanan deneme planı

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Beslemenin Suda Çözünür Kuru Madde İçeriği (°Briks)
1	160	80	12
2	180	80	12
3	200	80	12
4	160	80	16
5	180	80	16
6	200	80	16
7	160	80	20
8	180	80	20
9	200	80	20
10	160	90	12
11	180	90	12
12	200	90	12
13	160	90	16
14	180	90	16
15	200	90	16
16	160	90	20
17	180	90	20
18	200	90	20
19	160	100	12
20	180	100	12
21	200	100	12
22	160	100	16
23	180	100	16
24	200	100	16
25	160	100	20
26	180	100	20
27	200	100	20

3.2.1.1. Besleme Akış Hızının Belirlenmesi

Kullanılan püskürtmeli kurutucuda hava giriş sıcaklığı cihaz üzerinde bulunan kontrol paneli aracılığı ile doğrudan ayarlanmakta ancak hava çıkış sıcaklığı besleme debisi ile kontrol edilmektedir. Ispanak ve havuç suları püskürtmeli kurutucuya peristaltik pompa kullanılarak beslenmiştir. Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç sularının besleme akış hızının belirlenmesi için kalibrasyon eğrisi çizilmiş EK 1-10'da verilmiştir. Kalibrasyon eğrisi kullanılarak ıspanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h) belirlenmiş ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 3.3, 3.4,3.5 ve 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.3. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan ıspanak sularının kütlesel akış hızı (kg/h)

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Akış Hızı (kg/h)
1	160	80	1.39±0.20
2	160	90	1.20±0.00
3	160	100	1.00±0.20
4	180	80	1.99±0.33
5	180	90	1.46±0.19
6	180	100	1.39±0.45
7	200	80	2.13±0.19
8	200	90	1.79±0.20
9	200	100	1.39±0.20

Çizelge 3.4. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda maltodekstrin içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h)

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Akış Hızı (kg/h)		
			Suda Çözünür Kuru Madde İçeriği (°Briks)		
			12	16	20
1	160	80	1.68±0.24	1.19±0.28	1.39±0.36
2	160	90	1.32±0.21	0.92±0.19	1.18±0.19
3	160	100	1.08±0.21	0.79±0.00	1.07±0.21
4	180	80	2.40±0.00	1.78±0.20	1.72±0.35
5	180	90	2.16±0.24	1.38±0.20	1.50±0.21
6	180	100	1.28±0.23	0.99±0.20	1.29±0.43
7	200	80	2.89±0.39	1.78±0.20	2.25±0.36
8	200	90	2.28±0.21	1.58±0.00	1.72±0.43
9	200	100	1.60±0.23	1.38±0.20	1.07±0.21

Çizelge 3.5. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda peynir altı suyu içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h)

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Akış Hızı (kg/h)		
			Suda Çözünür Kuru Madde İçeriği (°Briks)		
			12	16	20
1	160	80	2.09±0.42	1.30±0.00	1.48±0.19
2	160	90	1.27±0.00	1.09±0.22	1.41±0.20
3	160	100	0.84±0.00	0.87±0.00	1.01±0.20
4	180	80	1.67±0.00	1.96±0.22	1.74±0.19
5	180	90	1.27±0.00	1.52±0.22	1.41±0.20
6	180	100	1.12±0.20	1.09±0.22	1.01±0.20
7	200	80	2.51±0.00	2.61±0.00	2.62±0.20
8	200	90	1.88±0.21	1.96±0.22	2.42±0.33
9	200	100	1.67±0.00	0.87±0.00	1.81±0.20

Çizelge 3.6. Farklı giriş ve çıkış sıcaklıklarında kurutulan farklı miktarlarda gam Arabik içeren havuç sularının kütlesel akış hızı (kg/h)

Deneme Numarası	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	Akış Hızı (kg/h)		
			Suda Çözünür Kuru Madde İçeriği (°Briks)		
			12	16	20
1	160	80	1.31±0.18	1.19±0.32	1.33±0.33
2	160	90	1.21±0.00	0.93±0.19	0.78±0.16
3	160	100	1.01±0.20	0.79±0.00	0.67±0.00
4	180	80	1.82±0.20	1.59±0.00	1.33±0.27
5	180	90	1.21±0.29	1.39±0.20	0.10±0.00
6	180	100	1.01±0.20	0.99±0.20	0.83±0.17
7	200	80	2.63±0.20	2.38±0.00	1.67±0.24
8	200	90	1.62±0.33	1.45±0.19	1.33±0.24
9	200	100	1.41±0.20	1.39±0.20	1.22±0.16

3.2.2 Analiz yöntemleri

Püskürtmeli kurutma işlemi sonunda elde edilen toz ürünlerde üç paralel olacak şekilde aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kurutma işlemi sırasında harcanan enerji ölçülmüş ve ıspanak suyu tozu ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozu verimi hesaplanmıştır.

3.2.2.1 Enerji Tüketimi

Kurutma denemelerinde enerji verimliliğini belirlemek amacıyla cihaza bağlı elektrik sayacı (Köhler, AEL. TF.04, Türkiye) kullanılarak kurutma çalışmaları süresince kurutucunun elektrik tüketimleri takip edilmiştir. Kurutucuların enerji verimliliği genellikle, özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER: Specific Moisture Extraction Rate (kg/kWh)), nem uzaklaştırma hızı (MER: Moisture Extraction Rate (kg/h)) ve örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli özgül enerji tüketim miktarı (SEC: Specific Energy Consumption (MJ/kg)) olarak belirlenmektedir (Chua et al., 2002, Jindarat et al., 2011). Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının SMER, MER ve SEC değerleri aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1-3).

$$SMER=\frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi (kg)}}{\text{Toplam enerji tüketimi (kWh)}} \quad (1)$$

$$MER=\frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi (kg)}}{\text{Kuruma süresi (h)}} \quad (2)$$

$$SEC=\frac{\text{Sisteme giren toplam enerji (MJ)}}{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi(kg)}} \quad (3)$$

3.2.2.2 Toz Ürün Verimi

Elde edilen toz ürün miktarının, ıspanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının suda çözünür kuru madde içeriğine oranlanmasıyla hesaplanmış ve sonuçlar yüzde olarak verilmiştir (Eşitlik 4).

$$Verim=\frac{\text{Ispanak/ Havuç suyu tozu miktarı (kg)}}{\text{Ispanak/ Havuç suyu kuru madde miktarı(kg)}} x100 \quad (4)$$

3.2.2.3 Fiziksel Analizler

Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği; toz ürünlerin darası bilinen petrilerde 105° C' de etüvde (Nüve, Türkiye) sabit ağırlığa ulaşana dek bekletilmesiyle belirlenmiş ve sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının suda çözünür kuru madde içeriği (°Briks değerleri) HANNA HI 96801 Digital Refraktometre, Woonsocket, RI, ABD marka refraktomekte ile belirlenmiştir.

Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının tozlarının su aktivitesi değeri ±0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG 400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

Ispanak ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suları ve tozlarının renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR- 400, Japonya renk cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerde CIE L*, a* ve b* renk skalası kullanılmıştır. Tüm ölçümler 6 paralel şeklinde olup, ortalama değerleri alınmıştır.

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suları doğrudan ve tozlar ise başlangıç nem içeriklerine sulandırılarak pH metre (WTW InfoLab pH720, Almaya) ile oda sıcaklığında ölçüm yapılarak pH değeri belirlenmiştir.

3.2.2.4 Kimyasal Analizler

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suları doğrudan ve tozlar ise başlangıç nem içeriklerine sulandırılarak aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

C vitamini tayini; Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suları ve tozlarının C vitamin tayini Uv-vis spektrofotometre (Varian Cary 50 Scan, Avustralya) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar mg C vitamini /100g ıspanak/ havuç suyu tozu olarak verilmiştir (Hışıl, 2004). Bu yöntemde başlangıç nem içeriğine sulandırılan ıspanak ve havuç suyu tozlarından 10g alınarak üzerine 90ml okzalik asit (4gram okzalik asit/ 1L deiyonize su) ilave edilmiş ve 1 dakika süre ile karıştırılmıştır. Karışım kaba filtre kağıdından (Whatman No:1) süzülerek, elde edilen süzüntüden 1'er mililitre alınarak içlerinde 9'ar mililitre saf su ve boya çözeltisi (0.012g 2,6 dikoloro indofenol+0.1g sodyum bikarbonat / 1L deiyonize su) bulunan 2 farklı deney tübüne aktarılmıştır. Saf su ve örnek içeren solüsyon kör olarak kullanılmış ve 518 nanometre dalga boyunda boya

çözeltisi ve örnek içeren solüsyonun absorbansı belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi farklı konsantrasyonlarda hazırlanan askorbik asit çözeltisinin (0.1g askorbik asit/100ml okzalik asit çözeltisi) 518 nanometre dalga boyunda absorbansının belirlenmesiyle çizilmiş ve kalibrasyon eğrisi EK 11'de verilmiştir.

Toplam karotenoid miktarı tayini; Ispanak ve havuç suları ve tozlarının toplam karotenoid miktarı Lee and Castle, 2001 yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yönteme göre başlangıç nem içeriğine sulandırılan ıspanak ve havuç suyu tozlarından 2 mililitre alınarak üzerine 38 mililitre hegzan: aseton: etanol (50: 25: 25 hacimce) karışımından ilave edilmiş ve 30 saniye süreyle homojenizatör (Ultra-Turrax Ika-Werke) ile karıştırılmış ve 4000 rpm'de 10 dakika süre ile santrifüj (CFC free Universal Hettich Zentrifugen) işlemi uygulanmış ve üst faz alınarak 450 nm dalga boyunda (Varian Cary 50 Scan, Avustralya) absorbans değeri ölçülmüştür. Sonuçlar Eşitlik 5' e göre hesaplanmış ve mg/ 100 gram ıspanak/havuç suyu tozu olarak verilmiştir.

$$A = \frac{(\varepsilon * b * c)}{1000} \quad (5)$$

A = absorbans değeri

ε= molar absorbans katsayısı (1 cm) =2505

b= birim ışık yolu uzunluğu (1 cm)

c= mg/100gram β- karoten cinsinden toplam karotenoid miktarı

Toplam Klorofil miktarı tayini; Başlangıç nem içeriğine sulandırılan ıspanak suyu tozlarından 4 gram alınarak üzerine 15ml aseton ilave edilmiş ve yaklaşık 1 dakika homojenizatör (Ultra-Turrax Ika-Werke) ile homojenize edildikten sonra 15 dak santrifüj edilmiştir (CFC free Universal Hettich Zentrifugen). Sıvı fazı almak için 1-1.5g susuz sodyum sülfat ilave edilmiştir. Kaba filtre kağıdından (Whatman No:1) geçirilen süzüntü asetonla 50ml'ye tamamlanarak UV spektrofotometrede (Varian Cary 50 Scan, Avustralya) 662 ve 645 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur (Ferna´ndez-Leon et al., 2010). Klorofil miktarı Eşitlik 6' ya göre hesaplanmıştır.

$$Klorofil\ miktarı\ (ppm) = 5.56 \times A_{662nm} + 16.79 \times A_{645nm} \quad (6)$$

Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi; fenolik madde tayini Franke et al., 2004 yöntemine göre yapılmış ve sonuçlar gram ıspanak/havuç suyu veya tozunda/ mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olacak şekilde verilmiştir (Franke et al., 2004). Bu yönteme göre başlangıç nem içeriğine sulandırılan ıspanak ve havuç suyu tozlarından 1 mililitre alınarak üzerine 5 ml Folin-Ciocaltue (%10'luk; hacimce) ve 15 ml $NaHCO_3$ (% 20'lik; ağırlık: hacim) ilave edilmiş ve 100 ml'ye deiyonize su ile tamamlandıktan sonra 2 saat oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiş ve sonra 760 nanometrede absorbans değerleri (Varian Cary 50 Scan, Avustralya) kaydedilerek kalibrasyon eğrisi kullanılarak absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değeri seyreltmeler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Kalibrasyon grafiği farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltisi hazırlanarak çizilmiş ve EK 12'de verilmiştir.

Mineral Madde Tayini; Ispanak ve havuç suyu tozlarının temel makro ve mikro element miktarları ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) (Perkin Elmer) ile Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi FABAL Farmasötik Bilimler Araştırma Laboratuvarında belirlenmiştir. Yöntemde kısaca belirli miktardaki örneğin mikrodalga fırında nitrik asit ve hidrojen peroksit ilavesiyle yakılması yapıldıktan sonra uygun oranda sulandırılarak süzülmeleri sağlanmış ve ardından element standart çözeltilerine karşı cihazda okumaları yapılmıştır (Çıtak and Sönmez, 2009).

3.2.2.5 Toz Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının suda ıslanabilme süresini saptayabilmek için, 100ml 25°C' deki saf su konulan beherin üzerine 10g ıspanak ve havuç suyu tozu yayıldıktan sonra tamamen ıslanması için geçen süre (saniye) belirlenmiştir (Gong et al., 2008).

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının suda çözünebilme süresini saptayabilmek için, iki gram toz beherin içindeki (50 ml 30 ±1°C' deki) manyetik karıştırıcı (Wise Stir, MSH- 20A, Kore) ile sabit hızda (250rpm) karıştırılan saf su üzerine tamamen yayılmış ve toz örneğin tamamen

çözünmesi için geçen süre çözünürlük süresi (saniye) olarak belirlenmiştir (Goula and Adamopoulos, 2008).

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının suda dağılabilme özelliklerini saptayabilmek için Jinapong et al. (2008)' in uyguladıkları yöntem kullanılmıştır. Bu yönteme göre, 1 gram (a) toz örnek 10ml saf su içerisine boşaltılarak 25 kere saat yönünde, 25 kere saat yönünün tersine doğru karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 212µm' lik elekten süzülmüş ve süzüntüden 1 gram alınarak darası bilinen petri kabında etüve (105° C) konularak kuru madde tayini yapılmıştır. Sonuçlar yüzde olarak verilmiştir. Dağılabilirlik (%) Eşitlik 7'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Dağılabilirlik (\%)} = \frac{(10+a)\text{xTS(\%)}}{a\text{x}\frac{100-b}{100}} \quad (7)$$

(b; toz ürünün nem içeriği, TS (%) = elekten geçen rekonstüte sebze suyunun kuru madde yüzdesi)

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu Chegini and Gobadian (2005) ve Jinapong et al. (2008) yöntemlerinin modifiye edilmesi ile belirlenmiştir. Bu yönteme göre 20g (m) ıspanak ve havuç suyu tozunun, 100ml'lik mezüre konularak kapladığı hacme (V_1) bölünmesi ile yığın yoğunluğu ($\rho_{yığın}$ (kg/m^3)) ve 15 cm yükseklikten 50 defa yumuşak bir yüzeye düşürüldükten sonra kapladığı hacme (V_2) bölünmesi ile ise sıkıştırılmış yoğunluğu ($\rho_{sıkıştırılmış}$ (kg/m^3)) hesaplanmıştır.

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık değerleri Carr İndeks (CI) ve Hausner Ratio (HR) değerlerine göre belirlenmiştir (Jinapong et al., 2008). CI ve HR değerleri Çizelge 3.7'ye göre değerlendirilmiştir

$$CI = \frac{(\rho_{sıkıştırılmış} - \rho_{yığın})}{\rho_{sıkıştırılmış}} \text{x}100 \quad (8)$$

$$HR = \frac{\rho_{sıkıştırılmış}}{\rho_{yığın}} \quad (9)$$

Çizelge 3.7. CI ve HR değerlerine göre toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık değerlerinin sınıflandırılması (Lebrun et al., 2012; Jinapong et al., 2008)

Akabilme Davranışı	Carr İndeks (CI)	Hausner Oranı (HR)	Yapışkanlık Davranışı	Hausner Oranı (HR)
Mükemmel	0-10	1.00-1.11	**Düşük**	<1.2
İyi	11-15	1.12-1.18	**Orta**	1.2–1.4
Orta	16-20	1.19-1.25	**Yüksek**	>1.4
Geçebilir	21-25	1.26-1.34		
Zayıf	26-31	1.35-1.45		
Çok zayıf	32-37	1.46-1.59		
Çok çok zayıf	>38	>1.60		

Ispanak ve havuç suyu tozları için sıkıştırılma (%)'si Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Sıkıştırılma Yüzdesi (\%)} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \qquad (10)$$

V_1= İlk hacim (yığın yoğunluğu için hesaplamada kullanılan)

V_2= Sıkıştırılmış hacim (sıkıştırılmış yoğunluk için hesaplamada kullanılan)

3.2.2.6 Camsı Geçiş Sıcaklığının Belirlenmesi

Ispanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığı DSC (Differential Scanning Calorimeter-Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) (Q10, TA Instruments, New Castle, DE, USA) cihazı ile Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir (Jaya and Das, 2009).

3.2.2.7 Morfolojik Yapının Belirlenmesi

Farklı işlem koşullarının ve kurutma ajanlarının ıspanak ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının dokularında meydana getirdiği değişimleri gözlemlemek için SEM (Scanning Electron Microscope (SEM) JSM- 6060 JEOL) görüntüleri İzmir Yüksek Teknoloji enstitüsü, Merkez Araştırma Laboratuvarında bulunan SEM cihazında alınmıştır.

3.2.2.9 İstatistiksel Analiz

Deneysel sonuçlar ortalama ± standart sapma olacak şekilde kaydedilerek SPSS 16.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ile %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

3.2.3 Depolama

Seçilen kurutma koşullarında üretilen (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıkları) sade ıspanak tozları ve maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları (160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıkları) alüminyum kaplı polietilen (ALPE) ambalajda ambalajlandıktan sonra 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Depolama sıcaklıklarının ilki buzdolabı koşulları (4±2°C), ikincisi oda koşulları (20±2°C), üçüncüsü ise sıcak ortam koşulları(30±2°C) seçilerek; depolama boyunca üründe meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Depolama süresi ıspanak suyu tozları için 3 ay, farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozları için ise 5 ay olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca 30 günlük periyodlarla sebze tozlarının fiziksel (nem içeriği, su aktivitesi, renk ve pH), kimyasal (C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil (ıspanak tozları için) ve toplam fenolik madde miktarı) ve toz ürün özelliklerinde (çözünürlük, ıslanabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, dağılabilirlik, akabilirlik ve yapışkanlık) meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi; Sade ıspanak suyu tozlarının ve farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının depolama boyunca renk, C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil ve toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiştir (Eşitlik 11-13) Aktivasyon enerjisi ise Eşitlik 14' e göre belirlenmiştir.

$$A = A_0 + k_0 t \tag{11}$$

$$A = A_0 e^{k_1 t} \tag{12}$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + k_2 t \tag{13}$$

$$k = Se^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} \tag{14}$$

A_0: başlangıç değeri

A: t zamanındaki değer

t: Süre (ay)

k_0: 0. Dereceden Reaksiyon Hız Sabiti (1/ay)

k_1: 1. Dereceden Reaksiyon Hız Sabiti (1/ay)

k_2: 2. Dereceden Reaksiyon Hız Sabiti (1/ay)

k: Reaksiyon Hız Sabiti (1/ay)

S: Frekans faktörü (1/ay)

E_a: Aktivasyon Enerjisi (kJ/ mol)

R: Gaz sabiti (8.314 J/mol.K)

T: Mutlak Sıcaklık (K)

3.2.4 Havuç ve Ispanak Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sistemlerinde Denenmesi

Farklı oranlarda (%0.5, %1, %5, %10, %15 ve %20) ıspanak (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) ve havuç (12°Briks, 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) suyu tozları süzme yoğurda (Eker Süt Ürünleri Gıda San. Ve Tic. A.Ş.) ilave edilmiştir. Tüm yoğurtlar şeffaf plastik bardaklarda 4°C'de, su ve çubuk kraker ile panelistlere sunulmuştur. Yarı eğitilmiş 15 panelistle puanlama testi gerçekleştirilmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Şekil 3.3'te yapılan puanlama testi verilmiştir.

Beğeni durumuzu 1 (en düşük), 5 (en yüksek) şeklinde belirleyiniz

Panelist Adı-Soyadı: Tarih:

Örnek Kodu	Renk	Koku	Kıvam (Kaşıkta)	Kıvam (Ağızda)	Homojen Yapı	Jelimsi Yapı	Lezzet	Yabancı Lezzet	Genel Beğeni

Şekil 3.3. Puanlama testi değerlendirme formu

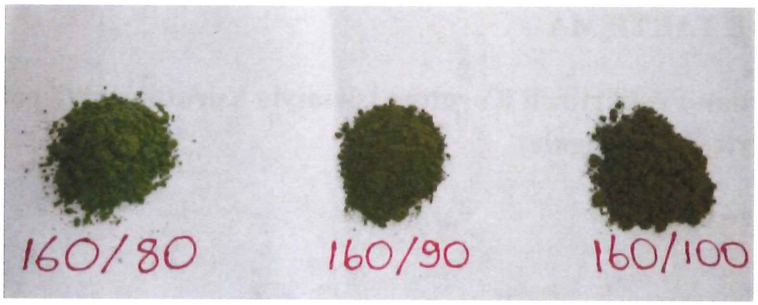
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ispanak Sularının Püskürtmeli Kurutma İşlemiyle Kurutularak Ispanak Suyu Tozu Eldesiyle İlgili Bulgular

4.1.1 Toz Ürün Verimliliği

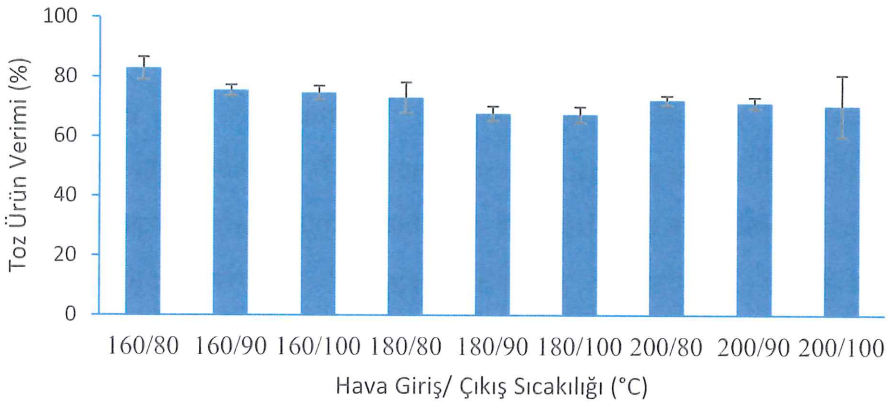
Türkiye'de genellikle taze olarak tüketilen ıspanak, konserve ve dondurulmuş olarak da satılmaktadır. Ispanağın raf ömrünün kısa olması ve dondurarak muhafazasında çeşitli zorluklar (kararma, yapıda bozulma, yumuşama) bulunması nedeniyle; ıspanağın muhafazasında kurutma yönteminin kullanılması; yeni ürün eldesinin yanında alternatif bir muhafaza tekniği olarak değerlendirilebilir. Ispanağın kurutularak toz forma dönüştürülmesiyle, raf ömrü artışının yanı sıra, taşıma ve depolama masraflarında azalma, karıştırma ve kullanım kolaylığı gibi avantajlar elde edilmesi beklenmektedir. Elde edilen ıspanak suyu tozları, bebek mamalarında, salata soslarında, çorbalarda, detoks ve kek karışımlarında kullanılabilir. Buna ek olarak yüksek klorofil içeriği nedeniyle koyu yeşil renge sahip ıspanak, doğal renk maddesi olarak da kullanım alanı bulabilir. Ispanağın kurutulması; ıspanak yapraklarının doğrudan ya da parçalanarak gerçekleştirilebileceği gibi, ıspanak suyunun farklı yöntemler ile kurutulmasıyla da gerçekleştirilebilmektedir. Ispanak suyunun alınmasıyla, posa kısmında kalan ıspanak lifleri uzaklaşarak değerli bileşenler sindirim sisteminde doğrudan emilebilecektir.

Bu amaç doğrultusunda, ıspanak suyu (3.2°Briks) ısı uygulamasından kaynaklanabilecek kayıplara neden olmamak amacıyla herhangi bir konsantrasyon/ ön evaporasyon/ ısıtma işlemine tabi tutulmadan ve kurutma ajanı kullanılmaksızın püskürtmeli kurutucuya beslenmiş ve yanma-yapışma işlemi olmaksızın başarılı bir şekilde kurutulmuştur (Şekil 4.1). Ispanak suyu tozları çoğunlukla kurutma kabininin alt kısmından ve siklon seperatörden toplanmıştır. Kollektöre çok az miktarda toz ürün ulaşmıştır. Kurutma kabininde kalan tozlar bir fırça yardımıyla toplanmıştır. Filtre kağıdına toplanan saf ıspanak suyu tozları oda sıcaklığına soğutularak tartılmış ve alüminyum polietilen (ALPE) ambalaj malzemesiyle ambalajlanarak analizlere dek desikatörün içinde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.



Şekil 4.1. Ispanak Suyu Tozları

Toz ürün verimliliğini belirlemek amacıyla, toplanan ıspanak suyu tozları oda sıcaklığına ulaşır ulaşmaz hemen tartılarak havadan nem kazanımı önlenmeye çalışılmıştır. Ispanak suyundan ıspanak suyu tozu eldesinde verim hesabı; beslemenin kuru madde içeriği dikkate alınarak yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.2'de verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının toz ürün verimi için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-13'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak toz ürün veriminde (%) meydana gelen değişim

Şekil 4.2 incelendiğinde ıspanak suyu tozu veriminin artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Hava çıkış sıcaklığının toz ürün verimi üzerindeki etkisi genel olarak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Sadece 160°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak sularının verimi üzerinde, hava çıkış sıcaklığının istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; hava giriş ve/veya çıkış sıcaklığının verim üzerinde negatif (Papadakis et al., 2006; Avila et al., 2015) ve pozitif (Ho et al., 2015; Muzaffar and Kumar, 2015;

Tonon et al., 2008; Fazaeli et al., 2012) etkisinin gözlemlendiği pek çok çalışma mevcuttur.

Bhandari et al. (1997), kurutma işleminin verimli olarak kabul edilebilmesi için siklon seperatörden elde edilen toz ürün veriminin %50'nin üzerinde olması gerektiğini belirtmiştir. Ispanak suyu tozlarının verimi %67.32-82.82 arasında değiştiği için kurutma işlemi verimli olarak değerlendirilebilmektedir. Toz ürün verimliliğinin hava giriş/çıkış sıcaklığı, besleme akış hızı, atomizör hızı ve/veya basıncı, besleme konsantrasyonu, besleme kurutma ajanı gibi faktörlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Amerie and Maa, 2006; Chegini and Ghobadian, 2005; Goula and Adamopoulos, 2008; Tonon et al., 2008).

Fang and Bhandari (2011), püskürtmeli kurutma işlemi sırasında toz ürün kayıplarının kurutma kabini üzerindeki yapışmaya, bazı ince tozların filtreden geçerek çıkış havasıyla birlikte uzaklaşmasına ve manuel olarak toplanan ürünlerde toplanamayan ürün miktarına bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Şekil 4.2 incelendiğinde en yüksek verime en düşük hava giriş/çıkış sıcaklığında (160/80°C) ulaşıldığı görülmektedir. Sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığındaki artışın toz ürün verimini azalttığı gözlenmiştir. Bu durumun yapışma probleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Goula and Adamopoulos (2008) yapışma probleminin ürünün camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ile partiküllerin yüzey sıcaklığı arasındaki farka bağlı olduğunu belirtmiştir. Yapışma problemiyle karşılaşmamak amacıyla; kurutma işlemi boyunca, partikül yüzey sıcaklığının camsı geçiş sıcaklığının 10-20°C üzerine çıkmaması gerektiği belirtilmiştir. Hava çıkış sıcaklığındaki artışla birlikte ıspanak tozlarının sıcaklığının camsı geçiş sıcaklığına yaklaşarak yapışma problemine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Hava giriş sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye yükseldiğinde verimde yaklaşık %10.60 oranında azalma gözlenmiştir. Fakat hava sıcaklığı 180°C'den 200°C'ye yükseldiğinde verimde %2.68 oranında azalma gözlenmiştir. Benzer bir şekilde Şahin-Nadeem et al. (2011), hava giriş sıcaklığının 145°C'den 165°C'ye yükseldiğinde toz ürün veriminde yaklaşık %13 oranında bir kayıp olduğunu, bu durumun ise kuruma kabininde yetersiz kuruyan tozların kısmi olarak yapışmasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca,

Chegini and Ghobadian (2005) portakal suyunun püskürtmeli kurutulması sırasında yüksek kurutma sıcaklıklarında verimin düştüğünü belirtmişlerdir.

Çalışmada kullanılan püskürtmeli kurutucunun hava çıkış sıcaklığının besleme akış hızıyla kontrol edilmesine bağlı olarak, besleme akış hızının da verim üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak besleme akış hızı istatistiksel olarak önemli ölçüde yükselmiştir ($p<0.05$). Bu durum, ürünün yeterli olarak kurutma havasıyla temas edememesindan kaynaklı kurutma işleminin yetersiz olması sonucunda yapışmaya bağlı verim kayıplarına neden olmuştur. Keshani et al. (2015), besleme akış hızındaki artışın daha nemli toz ürün oluşmasına neden olduğunu ve bu durumun toz ürünlerin daha kohezif (yapışkan) özellik göstermesine bağlı olarak verimde düşmeye neden olduğunu belirtmiştir.

4.1.2 Püskürtmeli Kurutucunun Enerji Verimliliği

Püskürtmeli kurutma işlemi, toz ürün elde etmek için suyun buharlaştırılması için gereken gizli (latent) ısının yüksek oluşuna bağlı olarak enerji tüketimi yüksek bir işlemdir. Bu nedenle kurutma işleminin enerji verimliliğinin belirlenmesi önemlidir. Püskürtmeli kurutma işleminde enerji tüketimini, işlem (hava giriş/çıkış sıcaklığı, atomizör hızı ve/veya basıncı vb.) ve besleme koşulları (konsantrasyon, akış hızı vb.) etkilemektedir. Kurutma işleminin ısıl enerjisi genellikle özgül enerji tüketimi (SEC, birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gereken ısı miktarı) terimiyle ifade edilmektedir. Düşük SEC değerleri kurutma işleminin enerji verimliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Baker and McKenzie, 2005). Kurutma işlemi boyunca püskürtmeli kurutucunun enerji tüketimi cihaza bağlı elektrik sayacı ile ölçülmüş, özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh), nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h) ve özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg) hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Püskürtmeli kurutucunun enerji verimliliği için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-13'te verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde sabit hava giriş sıcaklığında, artan hava çıkış sıcaklığının SMER ve MER değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalışa, SEC değerinde ise artışa neden olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Tüm kurutma denemelerinde ıspanak suyu miktarı sabit tutulmuş (1500 gram ıspanak suyu) ve hava çıkış sıcaklığı besleme akış hızı ile kontrol edilmiştir. Yüksek hava çıkış sıcaklıklarına ulaşmak için, besleme akış hızı yavaş tutulmuş (Çizelge 3.3) ve bu durum kuruma süresini uzatarak daha fazla enerji tüketimine neden olmuştur. Bu nedenle, SMER ve MER değerleri azalmış, SEC değeri ise artmıştır. Fakat artan hava giriş sıcaklığı bu durumun tersi bir etki yaratarak SEC değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde azaltmış, SMER ve MER değerlerini ise arttırmıştır ($p<0.05$). Benzer bir şekilde, Masters (1985) SEC değerinin artan hava giriş sıcaklığına (T_i) ve sıcaklık farkına (T_i-T_o (T_o hava çıkış sıcaklığı)) bağlı olarak azaldığını belirtmiştir. Baker and McKenzie (2005), genel olarak püskürtmeli kurutucu için SEC değerinin 3–20MJ/kg su arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında bulunan sonuçlar verilen aralığa uygundur.

Çizelge 4.1. Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği

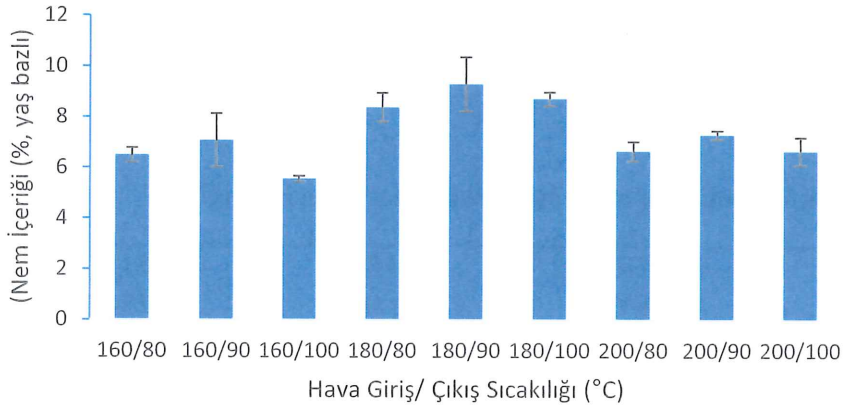
Giriş/Çıkış Sıcaklığı (°C)	SMER (kg su/kWh)	MER (kg su/h)	SEC (MJ/kg su)
160/80	0.45 ± 0.03^{zp}	1.61 ± 0.09^{xp}	7.96 ± 0.55^{xs}
160/90	0.38 ± 0.09^{yp}	1.35 ± 0.12^{xp}	9.43 ± 0.61^{ys}
160/100	0.21 ± 0.04^{xp}	1.21 ± 0.02^{xp}	16.85 ± 0.47^{zs}
180/80	0.51 ± 0.03^{zpr}	2.06 ± 0.43^{xr}	7.13 ± 0.09^{xr}
180/90	0.43 ± 0.01^{yr}	1.74 ± 0.13^{xr}	8.42 ± 0.24^{yr}
180/100	0.33 ± 0.00^{xr}	1.45 ± 0.49^{xr}	10.83 ± 0.06^{zr}
200/80	0.58 ± 0.02^{zr}	2.47 ± 0.14^{ys}	6.26 ± 0.24^{xp}
200/90	0.48 ± 0.01^{ys}	2.11 ± 0.02^{ys}	7.46 ± 0.10^{xp}
200/100	0.40 ± 0.03^{xs}	1.52 ± 0.05^{xs}	9.10 ± 0.75^{yp}

$^{x-z}$ Aynı satırdaki farklı harfler giriş sıcaklığı sabit tutulduğunda çıkış sıcaklığının istatistiksel olarak anlamlı etkisini göstermektedir ($P<0.05$).
$^{p-s}$ Aynı satırdaki farklı harfler çıkış sıcaklığı sabit tutulduğunda giriş sıcaklığının istatistiksel olarak anlamlı etkisini göstermektedir ($P<0.05$).

4.1.3 Ispanak Suyu Tozlarının Nem İçeriği (%, yaş bazlı)

Ispanak suyu tozlarının hava giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak nem içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.3'de verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının nem içeriği için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-14'te verilmiştir.Kuru ürünlerin nem içeriğinin %10'un altında olması uzun süre depolama, mikrobiyolojik üreme ve kimyasal ve biyolojik bozulma reaksiyonlarına karşı

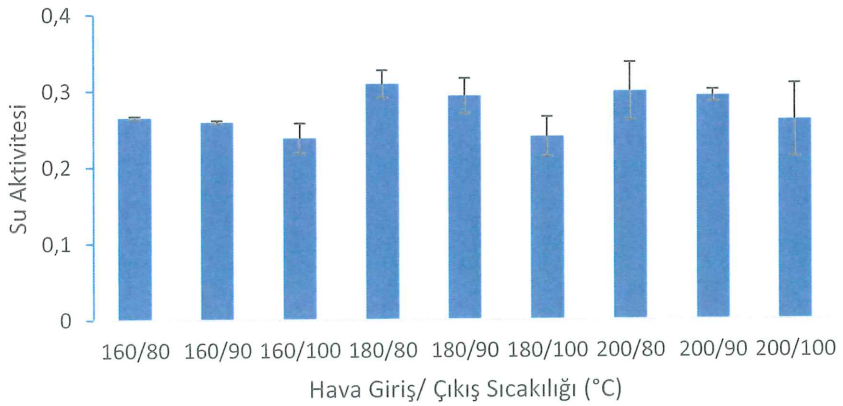
dirençli olması açısından önemlidir (Quek et al., 2007; Ng et al., 2012). Ispanak suyu tozlarının nem içeriği %10'un altında bulunmuştur. Hava giriş ve çıkış sıcaklığının artmasıyla, nem içeriği önce artmış sonra azalmıştır ($p<0.05$). Bu durumun besleme akış hızından ve yüksek sıcaklıklarda ani kurumaya bağlı kabuk oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Besleme akış hızı düştükçe ürünün sıcak hava ile temas süresi uzamakta ve toz ürünlerde kalan nem miktarı azalmaktadır. Besleme akış hızları 160°C giriş sıcaklığı için 1.00-1.39kg/h, 180°C giriş sıcaklığı için 1.39-1.99kg/h ve 200°C giriş sıcaklığı için 1.39- 2.13kg/h arasında değişmektedir. Besleme akış hızları hava çıkış sıcaklığındaki artış ile azalmakta, hava giriş sıcaklığındaki artış ile artmaktadır.



Şekil 4.3. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yaş bazlı) meydana gelen değişim

4.1.4 Ispanak Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değeri

Nem içeriğiyle ilişkili olarak su aktivitesi değeri biyokimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonlarda sorumludur (Quek et al., 2007). Su aktivitesi değeri 0.6'nın altında olan gıdalar mikrobiyal olarak güvenli (Quek et al., 2007), 0.2 ile 0.4 arasında olan gıdalar ise esmerleşme ve hidrolitik reaksiyonlar, lipid oksidasyonu, otooksidasyon ve enzimatik aktiviteye karşı güvenli kabul edilmektedir (Marques et al., 2007). Ispanak suyu tozlarının su aktivitesi değeri 0.309'un altında bulunmuştur. Bu nedenle ıspanak suyu tozları mikrobiyal gelişme ve yukarıda belirtilen biyokimyasal reaksiyonlara karşı stabil kabul edilebilir. Farklı hava giriş ve çıkış sıcaklıkları için ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Ispanak suyu su aktivitesi için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-15'te verilmiştir.

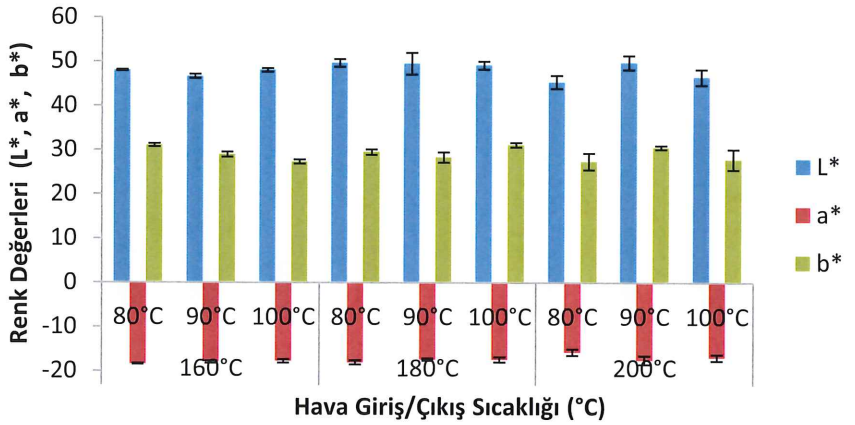


Şekil 4.4. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.4 incelendiğinde, ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerlerinin hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Nem içeriği sonuçlarına benzer bir şekilde su aktivitesi değeri de genel olarak hava giriş sıcaklığının artmasıyla önce artmış sonra ise azalmıştır. Ozdikicierler et al. (2014) yaptıkları çalışmada çöven ekstraktını farklı koşullarda püskürtmeli kurutucuda kurutmuşlar ve hava çıkış sıcaklığının çöven ekstraktı tozlarının su aktivitesi ve nem içeriği üzerinde en önemli etkiye sahip bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.5 Ispanak Suyu ve Tozlarının Renk Değerleri

Gıdaların rengi tüketiciler tarafından ürününün kabul edilebilirliği açısından en önemli duyusal özelliklerden birisidir. Renk ölçümü kurutma işleminde üretilen ürünlerin kalitesini ve duyusal albenisini gösteren önemli bir kalite faktörüdür (Quek et al., 2007). Püskürtmeli kurutma işlemi boyunca ürünün rengi; hava giriş sıcaklığı ve akış hızı, besleme koşulları (besleme hızı, kurutma ajanı konsantrasyonu ve enzim inaktivasyonu), atomizör hızı ve diğer faktörlerden etkilenmektedir. Ispanak suyunun renk değerleri (L*, a* ve b*) sırasıyla 33.82±0.27, -2.52±0.92 ve 3.27±0.29 olarak ölçülmüştür. Ispanak suyu tozlarının renk değerleri Şekil 4.5' te, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-16'da verilmiştir.



Şekil 4.5. Ispanak suyu tozlarının renk değerleri

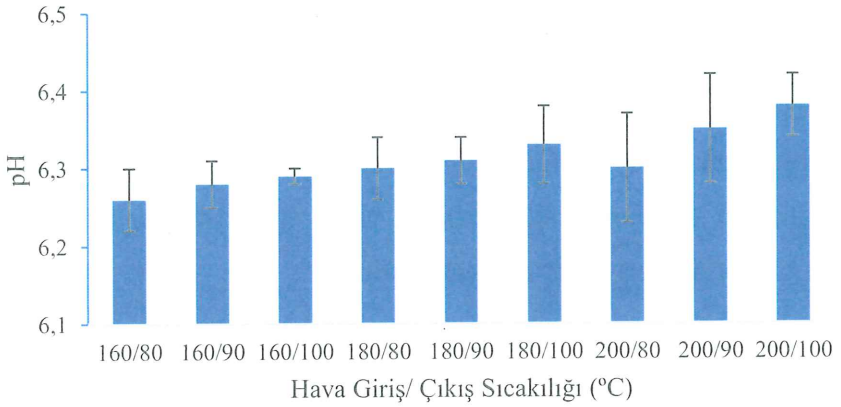
Kurutma işlemi sırasında suyun uzaklaşmasıyla elde edilen toz ürünlerin parlaklık değerlerinin, taze ıspanak suyuna kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Hava giriş sıcaklığının 160°C'den 180°C'ye yükselmesi parlaklık değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiş ($p>0.05$) ancak 200°C'de yapılan kurutma sonucu elde edilen toz ürünlerin parlaklık değeri istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığı arttıkça a* değerinin istatistik olarak önemli ölçüde arttığı (yeşil rengin azaldığı) gözlenmiştir ($p<0.05$).

Meyve ve sebzelere ısıl işlem uygulanması sırasında sıcaklığın etkisi ile klorofillerin fitol, feofitin (a ve b), klorofillid ve feoforbit (a ve b) gibi türevlerine parçalanarak ürünün renginin bozulmasına (yeşilden kahveye doğru) neden olduğu belirtilmiştir (Manay and Shadaksharaswamy, 2005; Saldamlı, 2014). Yapılan çalışmada ıspanak suyu tozlarının parlaklık değerinde meydana gelen azalmanın; kurutma işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda ve oksijen varlığında pigmentlerde meydana gelen bozulma ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanabileceği; yeşillik değerlerinde meydana gelen değişmelerin ise; klorofil ve karotenoidlerin dekompozisyonu ve kahverengi pigmentlerin oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.1.6 Ispanak Suyu ve Tozlarının pH Değeri

Ispanak suyunun pH değeri doğrudan, ıspanak suyu tozlarının ise başlangıç nem içeriğine saf su ile sulandırılarak ölçülmüş ve sonuçlar Şekil 4.6'da verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının pH değerleri için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-17'de verilmiştir. Ispanak suyunun pH değerleri 6.07±0.02 olarak ölçülmüş ve

püskürtmeli kurutma işlemiyle asitliğin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu durumun yüksek sıcaklıklarda organik asitlerde meydana gelen kayıplardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mahendran (2010) püskürtmeli kurutma işlemi sırasında evaporasyonla bazı asitlerin kaybolduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.6. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim

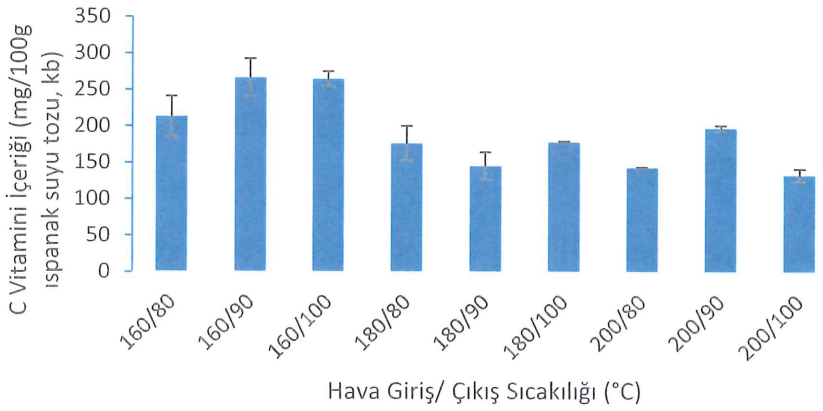
Caliskan and Dirim (2013) ve Kha et al. (2010) hava giriş/çıkış sıcaklığının sumak ekstraktı tozu ve gac meyvesi tozunun pH değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemediğini belirtmişlerdir ($p>0.05$). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, hava giriş ve çıkış sıcaklığının pH üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunsa da yapılan çalışmada hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki değişim ıspanak suyu tozlarının pH değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilediği görülmektdir.

4.1.7 Ispanak Suyu ve Tozlarının C Vitamini İçeriği

C vitamini (Askorbik asit) tüm vitaminler içerisinde en karasız vitamin olup özellikle ısıya maruz kaldığında kolayca okside olmaktadır. Bakır ve alkali pH oksidasyonu hızlandırmaktadır. Askorbik asit bir hegzos türevidir. Oksidasyonla askorbik asit dehidroaskorbik asite dönüşmektedir. Askorbik asit kolayca suda çözündüğü için pişme ve gıdaların işlenmesi sırasında kolayca kayba uğramaktadır. Sıcaklık, pH, oksijen, enzim, şeker ve/veya tuz konsantrasyonu, metal, amino asit, oksidan vb. faktörler askorbik asit bozunmasını etkilemektedir. Ancak gıdaların

işlenmesi sırasında C vitamin kaybı en çok kimyasal bozunmadan kaynaklanmaktadır (Manay and Shadaksharaswamy, 2005).

Ispanak suyunun C vitamin içeriği 11.21mg/100g ıspanak suyu (yb) (350 mg/100g ıspanak suyu, kb) olarak bulunmuştur. Tang (2010) yaptığı çalışmada ıspanağın C vitamin içeriğinin 28.1mg/100g ıspanak olduğunu belirtmiştir. Ispanak posasında kalan C vitamini, ıspanak saplarının metal bıçakla kesilmesi, ıspanakların yıkanması ve presleme ile suyunun alınması gibi faktörlerin sonuçlar arasındaki farklılığa neden olabileceği düşünülmektedir. Farklı işlem koşullarında kurutulan ıspanak suyu tozlarının C vitamin içeriği (kuru bazlı) Şekil 4.7'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-18'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim

Püskürtmeli kurutma işlemi sırasında ıspanak suyunun ve ıspanak suyu tozlarının oksijen ile teması sonucunda oluşan oksidasyon reaksiyonları, beslemeden önce ve besleme işlemi sırasında ıspanak sularının ışığa maruz kalması ve kurutma işlemi sırasında uygulanan yüksek hava giriş sıcaklıklarının C vitamin kaybına neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Van Boekel et al. (2010) kurutma ve pişme işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkların C vitamin gibi ısıya duyarlı bileşenlerde bozulmaya neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Püskürtmeli kurutma işlemi sonucunda ıspanak suyu tozlarında meydana gelen C vitamini kaybı incelendiğinde, % kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C

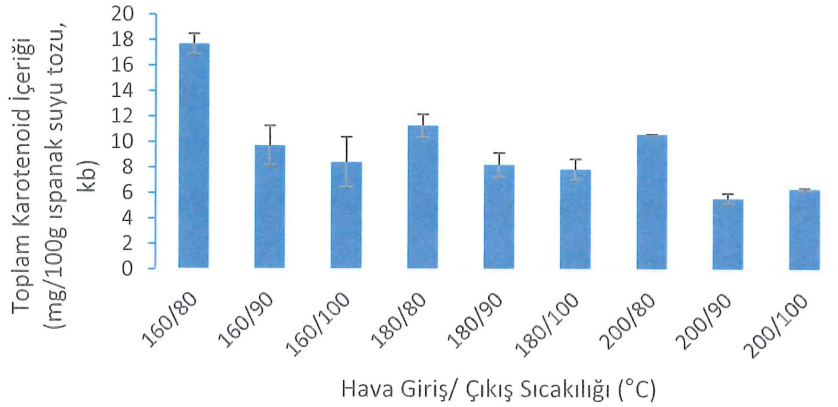
hava giriş sıcaklığında kurutulan örnekler için sırasıyla ortalama %29.05, %52.31 ve %54.83 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklıklarına göre C vitamini içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp incelendiğinde ise; kaybın önce azaldığı sonra arttığı gözlenmiştir. En yüksek C vitamini kaybına %61.96 ile 200/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan örneklerde rastlanmıştır. Genel olarak hava giriş ve çıkış sıcaklığı attıkça örneklerin C vitamini içeriğinde meydana gelen kayıp artmıştır. Kurutma işleminin ıspanak suyu tozlarının C vitamini kaybı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca C vitamini kaybının püskürtmeli kurutma işlemine ek olarak bu işleminden önce uygulanan presleme, şişelere dolum, dondurarak muhafaza ve çözündürme işlemleri sırasında da meydana geldiği düşünülmektedir. Saldamlı (2014) askorbik asidin bozunma mekanizması üzerinde etkili olan faktörlerin; uygulanan sıcaklık ve süresi, şeker ve tuz konsantrasyonu, oksijen, enzim, pH, metal katalizörler, askorbik asit konsantrasyonu vb. olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, askorbik asit suda çözündüğü için haşlama, buharlaşma, kesme vb. aşamalarda kayba uğramaktadır. Askorbik asit, de askorbik asit ve bunların parçalanma ürünleri, Maillard tipi reaksiyonlara girdiğinde daha hızlı reaksiyonlara yol açmaktadır. Bu durumun püskürtmeli kurutma işlemi sırasında ıspanak sularında meydana gelen C vitamini ve parlaklık kaybına neden olduğu düşünülmektedir.

Fellows (2009), C vitamini kaybının sıcaklığa bağlı olduğunu; sıcaklıktaki 10°C artışın sebzelerde C vitamini bozunma hızını 6 ile 20 kat, meyvelerde ise 30 ila 70 kat arttırdığını belirtmiştir.

4.1.8 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği

Karotenoidler, bitkisel ve hayvansal ürünlere sarıdan kırmızıya kadar renk veren doğal bir renk pigmentidir. Işık ve oksijene karşı çok duyarlı olan karotenoidler yüksek sıcaklıklarda stabildirler (Saldamlı, 2014). Karotenoidler karoten olarak da adlandırılmakta olup; bir grup yağda çözünen hidrokarbondur ve oksijen türevleri ksantofil olarak adlandırılmaktadır. Karoteoidler genel olarak yeşil yapraklarda (lutein, neoksantin vb.), sarı ve kırmızı meyve ve sebzelerde (likopen, β- karoten, kapsantin, vb.), ve pek çok bitki kökünde bulunmaktadır. Karotenoidler bitki dokularında serbest halde bulunurlar, ester oluştururlar ya da protein ve şekerle birleşirler. Karotenoidlerin stabilitesi gıdaya göre değişmektedir (Manay

and Shadaksharaswamy, 2005). Literatürde ıspanakların β-karoten içeriğini belirten pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Ispanağın β-karoten içeriği yetişme koşulları, iklim, toprak, ıspanağın cinsi vb. etmenlerden etkilenmekte olup; Tang (2010) tarafından yapılan bir çalışmada 5626µg/100g ıspanak, Ahamad et al. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada ise 9940µg/100g ıspanak olarak bulunmuştur. Ayrıca, Agte et al. (2000), yaptıkları çalışmada 24 farklı yeşil sebzenin β-karoten içeriğini belirlemiş ve yeşil sebzelerin β-karoten içeriğinin 80-9204µg/100g sebze arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ispanak suyunun toplam karotenoid içeriği β-karoten cinsinden belirlenmiş olup 26.03±0.1mg/100g ıspanak suyu (kb) olarak bulunmuştur. Bulunan değer literatürde verilen değerlerle uyum içerisindedir. Farklı hava giriş ve çıkış sıcaklıklarında üretilen ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği Şekil 4.8'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-19'da verilmiştir.



Şekil 4.8. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim

Şekil 4.8 incelendiğinde, hava giriş ve çıkış sıcaklıklarındaki artışın ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir ($p<0.05$). Qiu et al. (2009) karotenoid degredasyonunun; başta oksidasyon reaksiyonları olmakla birlikte; ısı, ışık ve enzim etkisine ek olarak işleme sırasında meydana gelebilecek izomerasyondan da kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Ispanak suyu eldesi sırasında uygulanan işlemlerin de (yıkama, presleme vb.) yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen püskürtmeli kurutma işlemine ek olarak karotenoid kaybına neden olduğu düşünülmektedir. Ispanak suyunun karotenoid içeriği dikkate alındığında, püskürtmeli kurutma işlemiyle elde edilen ıspanak suyu

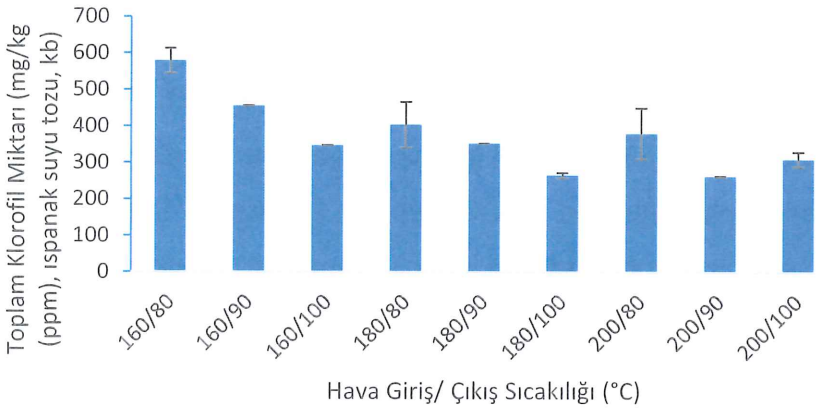
tozlarının karotenoid içeriğinin bu değere kıyasla oldukça düşük olduğu görülmektedir. Kurutma işlemi sonucunda ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %54.08, %64.90 ve %71.10 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklıklarına göre toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp incelendiğinde ise; 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %49.28, %69.82 ve %70.97 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklığındaki artış önce kaybı çok büyük oranda arttırmış (yaklaşık %20) daha ileri artış (10°C'lik) ise kayıpta düşük oranda artışa neden olmuştur (yaklaşık %2). Ayrıca, hava çıkış sıcaklığındaki artış hava giriş sıcaklığındaki artışa kıyasla daha yüksek karotenoid kaybına neden olmuştur. En yüksek toplam karotenoid kaybına %78.49 ile 200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan örneklerde rastlanmıştır. Yüksek sıcaklıklarda ve oksijen varlığında karotenoidlerin dekompozisyonu nedeniyle hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışın karotenoid içeriğinde yüksek miktarda kayba neden olduğu düşünülmektedir.

4.1.9 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Klorofil Miktarı

Klorofil bitkilerde ve bazı mikroorganizmalarda fotosentezin gerçekleştiği yeşil renk pigmentidir. Farklı yapılarda klorofil (klorofil a, b, c ve d, bakteriyoklorofil a ve b, klorobiyum klorofil) bulunsa da gıdalarda sadece klorofil a ve b bulunmaktadır. Klorofil a mavi ve yeşil, klorofil b ise; sarı ve yeşil renklidir. Klorofiller genellikle yapraklarda bulunan kloroplastta ve karotenoidlerle birlikte protein ile yağ tabakasının arasındaki katmanda bulunmaktadırlar. Klorofiller magnezyumun ortada bulunduğu dörtlü pirol halkasından oluşan kompleks moleküllerdir. Klorofiller kendine özgü absorbans ve spektruma sahiptir.

Meyve ve sebzelerin işlenmesi (ısıl işlem uygulama, dondurma vb.) ve depolanması sırasında; sıcaklık, depolama koşulları, pH vb. gibi çevresel faktörlerin etkisiyle klorofil, fitol, feofitin (a ve b), klorofillid ve feoforbit (a ve b) gibi türevlerine parçalanarak ürünün renginin bozulmasına neden olmaktadır. Asit varlığında klorofil yapısının merkezinde bulunan magnezyum iyonu hidrojen veren feofitinlerle yer değiştirmekte ve renkte yeşilde kahveye doğru bir değişim gözlenmektedir. Klorofillerde bulunan fitol grup klorofilaz enzimiyle

parçalanmakta ve yeşil renkli klorofillidler (klorofillid) oluşmaktadır. Klorofillidlerin yapısında bulunan magnezyum atomu uzaklaştırıldığında ise; feofitine benzer renkte feoforbitler oluşmaktadır (Manay and Shadaksharaswamy, 2005; Saldamlı, 2014). Ispanak suyunun klorofil içeriği 733.24 ppm (kb) olarak bulunmuştur. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak tozlarının toplam klorofil miktarında meydana gelen değişim Şekil 4.9'da, istatistiksel analiz sonuçları ise (ANOVA) EK-20'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil miktarında meydana gelen değişim

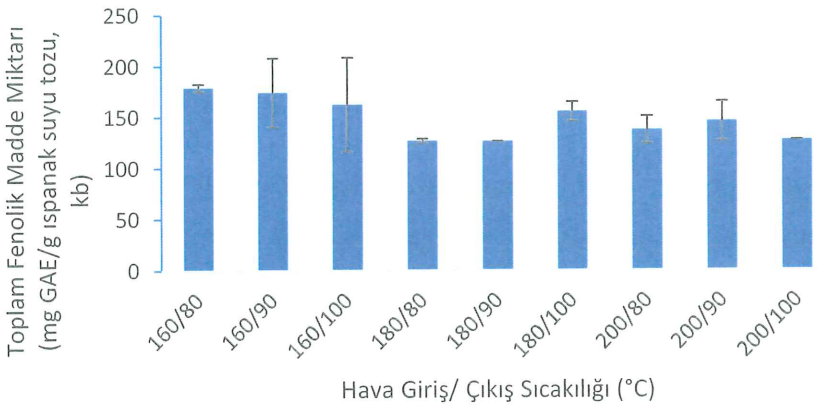
Şekil 4.9 incelendiğinde, genel olarak hava giriş ve çıkış sıcaklığı arttıkça ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil içeriğinin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Kurutma işlemi sonucunda ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %37.14, %53.53 ve %56.72 olarak bulunmuştur. Hava giriş sıcaklığındaki artış önce kaybı çok büyük oranda arttırmış (yaklaşık %16) daha fazla artış (20°C'lik) ise kayıpta düşük oranda artışa neden olmuştur (yaklaşık %3). Hava çıkış sıcaklıklarına göre toplam klorofil içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp incelendiğinde ise; 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan ıspanak tozları için sırasıyla %38.05, %51.31 ve %58.03 olarak bulunmuştur. Hava giriş ve çıkış sıcaklığının ıspanak suyu tozunun toplam klorofil içeriği üzerinde benzer bir etki gösterdiği; hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışın ise önce büyük miktarda kayba daha sonra ise daha az miktarda kayba neden olduğu gözlenmiştir. Ayrıca hava giriş sıcaklığındaki her 20°C'lik artış ve hava çıkış sıcaklığındaki her 10°C'lik

artış ıspanak suyu tozlarının klorofil içeriğinde yaklaşık aynı oranlarda kayba neden olmuştur. En yüksek toplam klorofil miktarı kaybına %64.21 ile 200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan örneklerde rastlanmıştır.

Naidu et al. (2012) klorofillerin ısıya duyarlı bileşikler olduğunu ve klorofil miktarının uygulanan işlemin gerçekleştiği sıcaklık ve süresine bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Benzer bir şekilde bu çalışmada da artan hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının daha yüksek klorofil kaybına neden olduğu görülmüştür.

4.1.10 Ispanak Suyu ve Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı

Folin–Ciocalteu yöntemiyle tüm polifenol formları değerlendirilerek toplam fenolik madde içeriği belirlenebilmektedir. Ispanak suyu ve tozlarının toplam fenolik madde içeriği Folin–Ciocalteu yöntemiyle belirlenmiş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir. Ispanak suyunun toplam fenolik madde miktarı 190.28±4.05mg GAE/g ıspanak suyu (kb) olarak bulunmuştur. Hava giriş/ çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim Şekil 4.10'da, istatistiksel analiz sonuçları ise (ANOVA) EK-21'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim

Şekil 4.10 incelendiğinde ıspanak suyuna kıyasla elde edilen toz ürünlerin toplam fenolik madde miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Kurutma işlemi, artan hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik

madde miktarında genel olarak istatistiksel olarak önemli oranda azalmaya neden olmuştur ($p<0.05$).

Kurutma işlemi sonucunda ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı kaybı 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıklarında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %9.71, %28.47 ve %28.16 ve %22.40, %21.84 ve %22.09 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklığındaki artış ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında yaklaşık aynı oranda kayba neden olmuştur. Hava giriş sıcaklığındaki artış incelendiğinde ise; hava giriş sıcaklığındaki 20°C'lik artışın yaklaşık %20 oranında fenolik madde kaybına neden olduğu hava sıcaklığındaki bir 20°C'lik daha artışın ise fenolik madde kaybı üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. En yüksek toplam fenolik madde kaybına %33.20 ile 200/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan ıspanak suyu tozlarında rastlanmıştır.

Caliskan and Dirim (2013) yaptıkları çalışmada maltodekstrin katkılı (%5-25 ağırlıkça) sumak ekstraktını 3 faklı hava giriş/çıkış sıcaklığında (160/80 °C, 180/90 °C ve 200/100°C) kurutmuşlar ve hava giriş sıcaklığındaki artışın (160/80 °C'den 180/90°C'ye) sumak ekstraktı tozlarının toplam fenolik madde miktarında yaklaşık %15 oranında kayba neden olduğunu; tekrar bir artışın ise (180/90°C'den 200/100°C'ye) yaklaşık %16 oranında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Şahin- Nadeem et al. (2011) yaptıkları çalışmada dağ çayı ekstraktını püskürtmeli kurutucuda 3 faklı hava giriş sıcaklığı (145-165°C), kurutma ajanı (maltodekstrin, gam Arabik ve β-siklodekstrin) ve kurutma ajanı konsantrasyonunda (%0-5) kurutmuşlar; hava giriş sıcaklığındaki 10°C'lik artışın (145°C'den 155°C'ye) toplam fenolik madde içeriğinde %4'lük bir artışa neden olduğu daha da artışın ise bir miktar azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Şahin Nadeem et al. (2013) yaptıkları diğer bir çalışmada ise hava giriş sıcaklığındaki artışın (145-165°C) ve farklı kurutma ajanlarının (maltodekstrin, gam Arabik ve beta siklodekstrin) adaçayı ekstraktı tozunun fenolik madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$).

4.1.11 Ispanak Suyu ve Tozlarının Mineral Madde İçeriği

Mineraller, gıdalar yakıldığında geriye kalan külü oluşturan inorganik bileşiklerdir. Mineraller, gıdalarda ve dokularda inorganik tuzlar (sodyum klorid, kalsiyum fosfat vb.), organik bileşiklerle birlikte (fosforoprotein, fosforolipid, hemoglobin vb.) ya da iyon formunda (Na^+, K^+, Ca^{+2},Cl^- vb.) bulunmaktadırlar. Gıdalarda bulunan temel mineraller; potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, klor, kükürt ve fosfor olup; gıdaların mineral içeriği su ve toprağın bileşimi ve zemin özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Gıdaların işlenmesi sırasında belirli derecede vitamin ve mineral kaybı olmaktadır. Genel olarak mineral maddelerin kaybı suda çözünen maddelerin ekstraksiyonu ve gıdadan istenilmeyen kısımların uzaklaştırılması sırasında oluşmaktadır (Manay and Shadaksharaswamy, 2005; Saldamlı, 2014). Ispanak; kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, fosfor, bakır, manganez, çinko vb. minerallerce zengin bir sebze olmasının yanı sıra vitamin A, B ve C ve karotence zengindir (Citak and Sonmez, 2009). Ispanak suyunun ve seçilen koşullarda üretilen ıspanak suyu tozlarının mineral madde içeriği Çizelge 4.2'de, istatistiksel analiz sonuçları ise (ANOVA) EK-22'de verilmiştir. Ispanak suyu ve tozlarında sekiz temel mineral madde belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutma işleminin ve sabit hava giriş sıcaklığında; hava çıkış sıcaklığında meydana gelen değişimin ıspanak suyu tozlarının mineral madde kompozisyonu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bhattacharjee et al. (1998) genel olarak tüm yeşil sebzelerde klorofil varlığına bağlı olarak magnezyum elementinin bulunduğunu ve ayrıca ıspanağın sodyum, potasyum ve kalsiyumca zengin olduğunu belirtmiştir. Barzegar et al. (2007), ıspanağın mineral madde kompozisyonunu incelemiş ve ıspanakta en çok bulunan mineralin potasyum (5958-11066ppm, yb) olduğunu, ayrıca magnezyum (674-1083ppm, yb), kalsiyum (616-1128ppm, yb) ve sodyum (340-1177ppm, yb) miktarının diğer minerallere kıyasla daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer bir şekilde, ıspanak suyu ve tozlarındaki sodyum, potasyum ve magnezyum miktarı diğer mineral maddelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Seçilen kurutma koşullarında kurutulan örnekler için; en fazla kayıp potasyumda en az kayıp ise çinkoda meydana gelmiştir. Bulunan sonuçlar incelendiğinde, ıspanak suyu için belirlenen mineral madde miktarlarının Barzegar et al. (2007) belirttiği miktarların altında olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin,

ıspanağın cinsi, iklim, yetişme koşulları vb. olmasının yanı sıra yapılan çalışmada ıspanağın posası ayrıldığı ve sadece ıspanak suyu kullanıldığı için daha düşük olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Ispanak suyu ve ıspanak suyu tozlarının mineral madde kompozisyonu (ppm, kb)

Elementler	Ispanak Suyu	Ispanak Suyu Tozu		
		Hava Giriş/Çıkış sıcaklığı (°C)		
		160/80	160/90	160/100
Na	B*	96.92±4.61^{z}	82.05±3.48^{y}	69.78±3.51^{x}
K	1039.21±137.03^{z}	188.97±1.82^{y}	207.72±32.14^{y}	162.74±5.61^{x}
Mg	610.21±63.05^{t}	170.32±1.98^{z}	102.20±6.44^{y}	93.67±6.76^{x}
Ca	27.19±0.74^{t}	17.47±0.94^{y}	19.01±1.09^{z}	13.68±0.45^{x}
Zn	1.77±0.15^{z}	0.98±0.22^{y}	0.32±0.01^{x}	0.32±0.01^{x}
Mn	3.65±0.15^{t}	0.76±0.02^{z}	0.32±0.01^{y}	0.24±0.01^{x}
Fe	5.63±0.88^{t}	2.42±0.24^{z}	0.20±0.01^{y}	0.16±0.01^{x}
Cu	1.67±0.59^{t}	0.28±0.01^{z}	0.20±0.01^{y}	0.16±0.01^{x}

$^{x-t}$ Aynı satırdaki farklı harfler örnekler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P<0.05$).

B* Belirlenemedi

Çizelge 4.2 incelendiğinde ıspanak suyu tozlarının mineral madde miktarının hava çıkış sıcaklığındaki artış ile istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Bu durumun, ısı etkisi, kurutma işlemi öncesi ve sonrası uygulanan mekanik işlemlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gogus (2011) magnezyumun pişirme, kızartma, haşlama, kurutma vb. işlemlerle önemli oranda kayba uğradığını belirtmiştir. Ayrıca, haşlama sırasında ısı etkisiyle magnezyum suya geçerek gıdada kayba neden olduğunu belirtmiştir.

Hava çıkış sıcaklığındaki artış toz ürün veriminde istatistiksel olarak önemli ölçüde azalışa neden olmuştur ($p<0.05$). Bu durumun yüksek sıcaklıklarda meydana gelebilecek yanma veya kurutma kabinine yapışma gibi nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Saldamlı (2014) minerallerin bulunduğu ortamda anyon veya katyon özelliğini taşıdığını belirtmişlerdir. Minerallerin (-) yada (+) yüklü oluşu, statik kuvvetle paslanmaz çelik olan kurutma kabini duvarlarına yapışma ile birlikte kayba neden olabileceği düşünülmektedir. Artan çıkış hava sıcaklığı daha fazla ıspanak suyu tozunun kurutma kabinine yapışmasına,

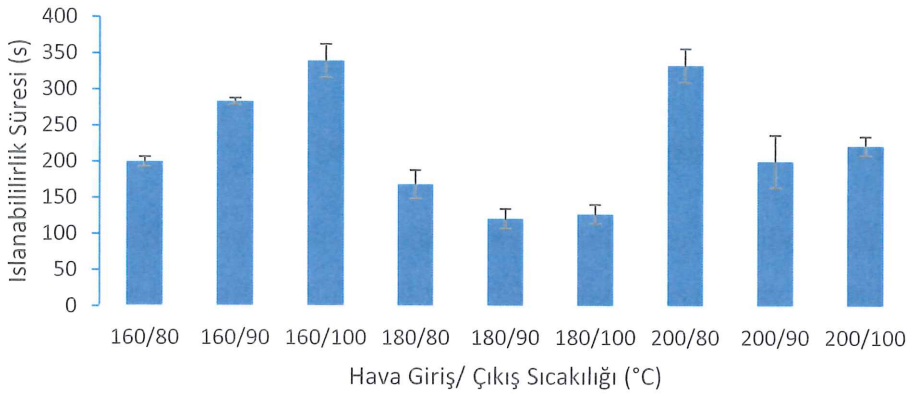
bu durumun ise daha çok mineralin statik yük ile kabin duvarlarında yapışıp kalan ıspanak tozlarına tutunmalarına neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

4.1.12 Ispanak Tozlarının Toz Ürün Özellikleri

Islanabilirlik, çözünürlük, dağılabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, yapışkanlık gibi toz özelliklerinin belirlenmesi toz ürünlerin fonksiyonel, ekonomik ve ticari özellikleri açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, ıspanak suyu tozlarının toz özellikleri, kullanılması planlanan gıda sistemlerine uygunlukları açısından da önem arz etmektedir.

4.1.12.1. Islanabilirlik

Toz ürünlerin ıslanabilme süresinin belirlenmesi, toz ürünlerin kendi ve su yüzeyi arasında oluşan yüzey gerilimini yenerek sıvıyı emebilme yeteneği hakkında bilgi vermektir. Islanabilme yeteneği, tanecik büyüklüğüne, yoğunluğuna, porozitesine, yüzey gerilimine, yüzey alanına, partikülün yüzey aktivitesine, maddenin yüzeyinde bulunan karbonhidrat, yağ ve protein kompozisyonuna da bağlıdır (Koç ve ark., 2011; Fang et al. 2008). Goula and Adamapoulos (2008) toz gıdanın nem içeriği, yığın yoğunluğu, ıslanabilirlik, akabilirlik ve çözünürlük gibi toz ürün özelliklerini etkilediğini belirtmiştir. Ürünlerin kalan nem içeriği; kurutma koşulları ve kurutma ajanı konsantrasyonundan önemli ölçüde etkilenmektedir. Şekil 4.11' de ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-23'de verilmiştir.



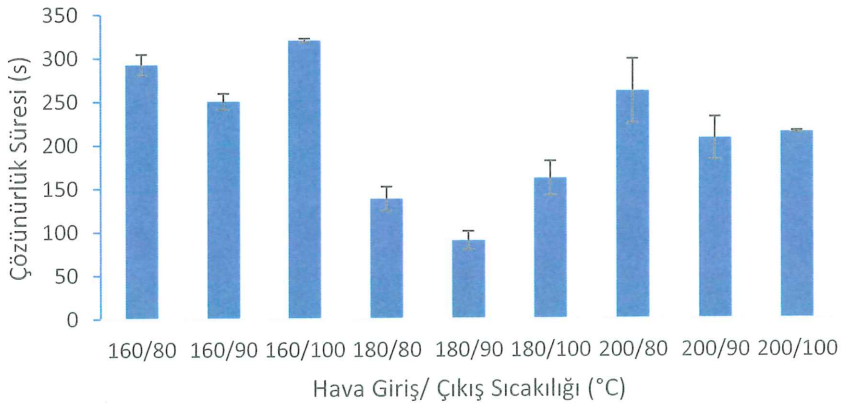
Şekil 4.11. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinde (s) meydana gelen değişim

Ispanak suyu tozlarının ortalama ıslanabilme süreleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için sırasıyla 274.32s, 139.56s ve 252.17s olarak bulunmuştur. İstatistiksel değerlendirme sonuçları ışığında, hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki değişimin ıspanak tozlarının ıslanabilme süreleri üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0.05$). Goula and Adamopoulos (2008), toz ürünlerin nem içeriğinin, yığın yoğunluğu, ıslanabilirlik ve akış özellikleri üzerinde etkili olduğu belirtmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde 160/100°C hava giriş çıkış sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozlarının en yüksek ıslanabilme süresine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun yüksek sıcaklıklarda ani kurumaya bağlı su buharlaşmasından kaynaklanan kabuk oluşumundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Oluşan kabuk suyun hücre içine olan difüzyonunu önlemektedir. Chegini and Ghobadian (2005) yüksek hava sıcaklıklarında toz ürün etrafında oluşan katı tabakanın (kabuk) partiküle su girişini engelleyerek toz ürünün ıslanabilme süresinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Nem içeriği sonuçlarının aksine, ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik süresi hava giriş sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye arttırıldığında azalmış; 180°C'den 200°C'ye arttırıldığında ise istatistiksel olarak önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Ayrıca, en yüksek nem içeriğine sahip tozların (%9.29, 180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulanlar) en düşük ıslanabilirlik süresine sahip olduğu gözlenmiştir.

Jumah et al. (2000) yaptıkları çalışmada azalan nem içeriğiyle birlikte jameed tozunun ıslanabilme süresinin de uzadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, benzer sonuçlar Chegini and Ghobadian (2005) tarafından portakal suyu tozu için de elde edilmiştir.

4.1.12.2. Çözünürlük

Toz ürünlerin kullanışlı ve fonksiyonel olması için, sıvı faz içinde çözünebilme davranışının değerlendirilmesi gerekmektedir. Toz ürünlerin su içerisinde hızlı ve yüksek oranda çözünmesi toz ürünlerin rekonstitüsyonu ve tüketiciler açısından önemli bir kriterdir (Chen and Patel, 2008; Fang et al., 2008). Şekil 4.12'de püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak suyu tozlarının ortalama çözünürlük süreleri verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının çözünürlük süresi için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-23'de verilmiştir.



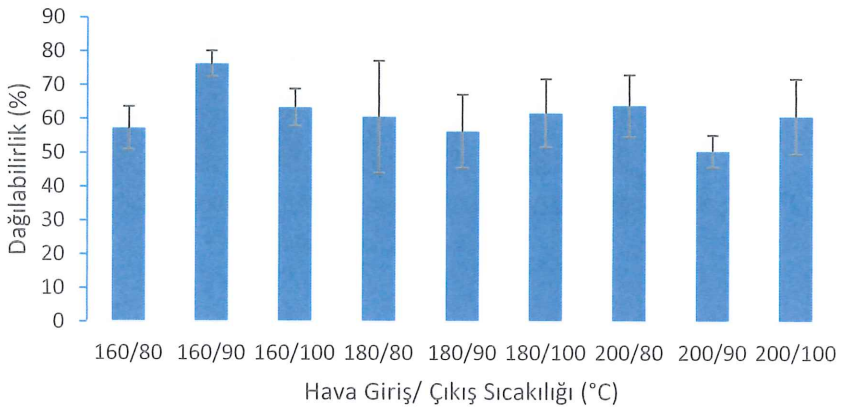
Şekil 4.12. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının çözünürlük süresinde (s) meydana gelen değişim

Şekil 4.12 incelendiğinde ıspanak suyu tozlarının çözünebilme süresinin hava giriş ve çıkış sıcaklığından istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir ($p<0.05$). En yüksek nem içeriğine sahip ıspanak suyu tozlarının (9.29% yb, 180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) en düşük çözünürlük süresine (90.33s) sahip olduğu belirlenmiştir. Hava giriş/ çıkış sıcaklığından istatistiksel olarak önemli ölçüden etkilenen ıspanak suyu tozlarının nem içeriğinin de tozların çözünürlük süresi üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Islanabilirlik süresi sonuçlarına benzer bir şekilde, toz ürünlerin çözünürlük süresinin nem içerikleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının ıspanak suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerine etkisi incelendiğinde; ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik davranışına benzer bir şekilde; 180°C hava giriş sıcaklığında kurutulanların 160°C ve 200°C'de kurutulanlara göre daha kısa sürede çözünebildiği; 90°C hava çıkış sıcaklığında kurutulanların ise 80°C ve 100°C'de

kurutulanlara göre daha kısa sürede çözünebildiği gözlenmiştir. Nem içeriği sonuçlarının aksine, ıspanak suyu tozlarının çözünürlük süresi hava giriş sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye arttırıldığında azalmış; 180°C'den 200°C'ye arttırıldığında ise istatistiksel olarak önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$).

4.1.12.3. Dağılabilirlik

Dağılabilirlik (%) toz ürünlerin su içerisinde kuru kısımlar oluşmaksızın ıslanabilmesini ifade etmektedir (Martinelli et al., 2007). Şekil 4.13'de püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-23'de verilmiştir.

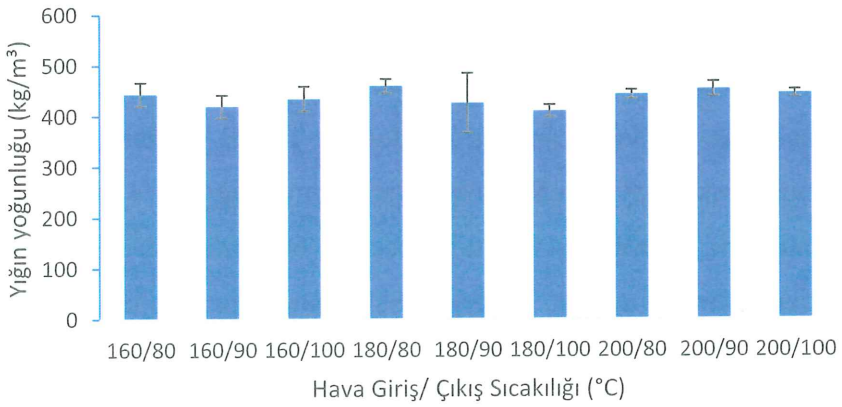


Şekil 4.13. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının dağılabilirlik değerinde (%) meydana gelen değişim

Püskürtmeli kurutucuda kurutulan ıspanak suyu tozlarının dağılabilirlik (%) değerleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için sırasıyla %65.67, %59.62 ve %58.45 olarak bulunmuştur. Şekil 4.13 incelendiğinde artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak dağılabilirlik (%) değerinin azaldığı görülmektedir. Ispanak suyu tozlarının dağılabilirliği (%), hava çıkış sıcaklığı 80°C'den 90°C'ye arttırıldığında azalmış; 90°C'den 100°C'ye arttırıldığında ise istatistiksel olarak önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$).

4.1.12.4. Yığın Yoğunluğu

Sabit hacimli ambalaj malzemesi içerisine konulabilecek toz ürün miktarı hakkında bilgi vermesi açısından toz ürünlerin yığın yoğunluğunun belirlenmesi önemlidir. Toz ürünlerin yığın yoğunluğu; toz ürünün nem içeriği, şekli, partikül büyüklüğü ve yoğunluğundan etkilenmektedir. Yığın yoğunluğunun yüksek olması paketleme giderlerinin azaltılması ve taşıma kolaylığı, ekipmanların tasarımı ve dizaynı hakkında bilgi vermektedir (Koç ve ark., 2011). Şekil 4.14'de püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluk değerleri verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerleri için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-23'de verilmiştir.



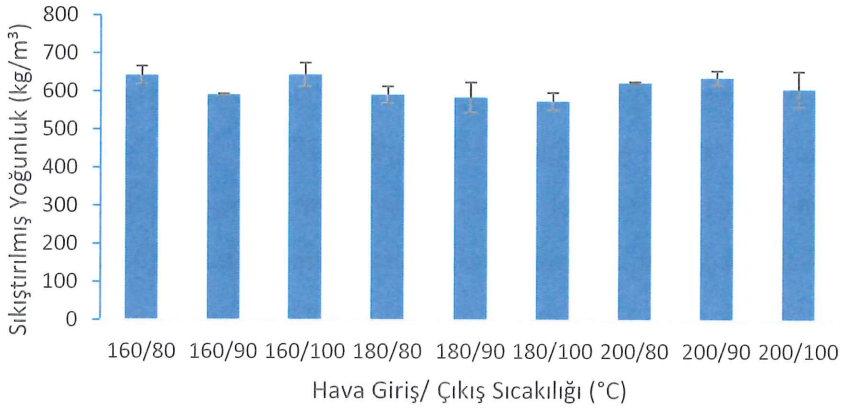
Şekil 4.14. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinde (kg/m^3) meydana gelen değişim

Şekil 4.14 incelendiğinde hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki değişimin ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğu üzerinde (180°C hava giriş sıcaklığında kurutulanlar hariç) istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Sabit hava çıkış sıcaklığında; hava giriş sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye arttığında ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinin genel olarak arttığı gözlenmektedir. Bu durumun, ıspanak suyu tozlarının nem içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıvının yoğunluğunun katıdan yüksek olduğu bilinmektedir. En yüksek nem içeriğine sahip ıspanak suyu tozları 180°C hava giriş sıcaklığına kurutulan ıspanak suyu tozlarıdır. Bu nedenle yığın yoğunluğu değerinin yüksek nem içeriğine bağlı olarak yüksek olduğu düşünülmektedir.

Şahin-Nadeem et al. (2011) yaptıkları çalışmada dağ çayının sulu ekstraktını farklı kurutma ajanları ile (β-siklodekstrin (BCD), gam Arabik (AG) ve maltodekstrin (MD19 ve MD12) püskürtmeli kurutucuda kurutmuşlar (145°C, 155°C ve 165°C hava giriş sıcaklığı, 75°C hava çıkış sıcaklığı) ve hava giriş sıcaklığı ve farklı kurutma ajanlarınn toz ürünlerin yığın yoğunluğu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Farklı kurutma ajanlarının yığın yoğunluğu üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu ancak, hava giriş sıcaklığının yığın yoğunluğu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğunu belirtmişlerdir ($p>0.05$).

4.1.12.5. Sıkıştırılmış Yoğunluk

Belli bir ağırlığa sahip toz ürülerin sıkıştırılarak, toz zerrecikleri arasında bulunan havayla yer değiştirmesi sonucunda elde edilen hacmin toz ürün ağırlığına bölünmesiyle elde edilen yoğunluk sıkıştırılmış yoğunluk olarak adlandırılmaktadır. Barbosa-Cánovas and Juliano (2005) toz zerrecikleri arasında bulunan havanın oksidasyon reaksiyonlarına neden olduğunu ve ürünün depolama boyunca kalitesini ve stabilitesini etkileyeceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, toz ürünlerin sıkıştırılmış yoğunluk değerinin belirlenmesi partiküller arasındaki hava miktarı ve toz ürünlerin stabilitesi hakkında bilgi vermektedir. Şekil 4.15' de püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri, EK-23'te ise istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) verilmiştir.



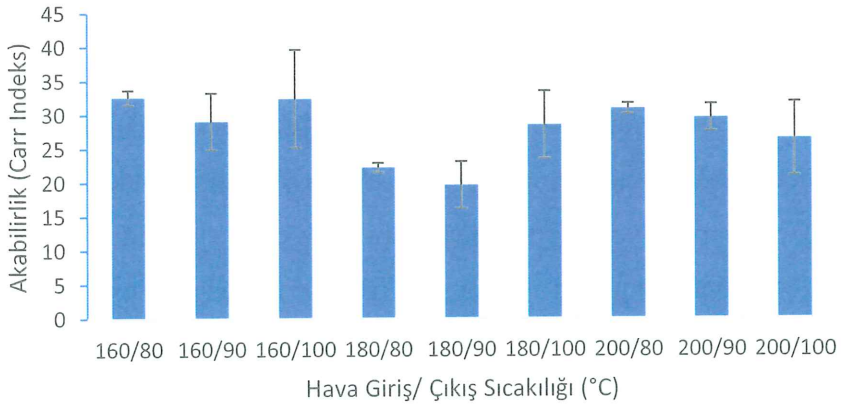
Şekil 4.15. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerinde (kg/m³) meydana gelen değişim

Şekil 4.15 incelendiğinde hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki değişimin ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Sabit hava çıkış sıcaklığında; hava giriş sıcaklığı arttıkça sıkıştırılmış yoğunluk değerinin önce azaldığı (160°C'den 180°C'ye) sonra ise arttığı (180°C'den 200°C'ye) görülmektedir. Bu durumun ıspanak suyu tozlarının nem içeriği ve partikül boyutu ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Ispanak suyu tozlarının sıkıştırılma yüzdesi hesaplanmış ve 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %30.87, %26.00 ve %28.19 olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlara göre, en çok partiküller arası hava bulunan tozların 160°C hava giriş sıcaklığında kurutulan tozlar olduğu görülmektedir.

4.1.12.6. Akabilirlik ve Yapışkanlık

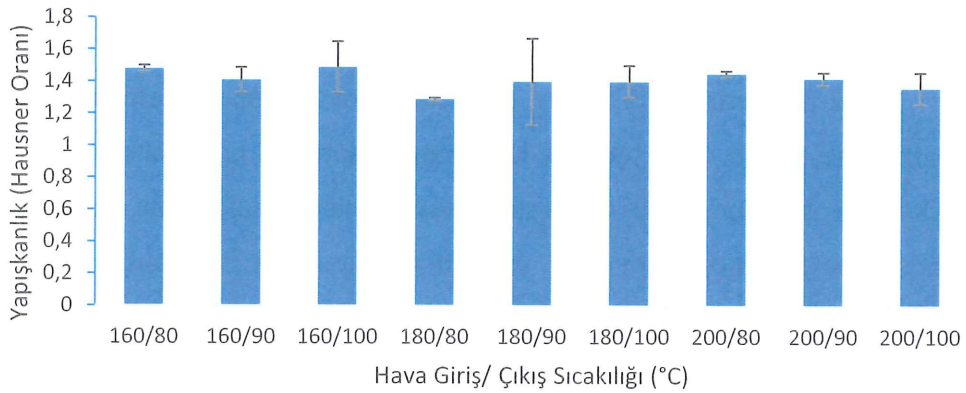
Toz ürünlerin akabilme ve yapışma davranışlarının belirlenmesi depolama, paketleme, ölçme, doz ayarlama, karıştırma, taşıma vb. gibi amaçlar için önemlidir (Caliskan and Dirim, 2016). Ispanak suyu tozlarının akabilme davranışları Carr İndeks ve Hausner oranına ve yapışkanlık davranışı ise Hausner oranına göre belirlenmiş olup (Çizelge 3.7) sonuçlar sırasıyla Şekil 4.16 ve 4.17'de gösterilmiştir. Ispanak suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık değerleri için istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-23'de verilmiştir.



Şekil 4.16. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının akabilirlik değerinde (Carr Indeks) meydana gelen değişim

Şekil 4.16 incelendiğinde, 160°C'de kurutulan ıspanak suyu tozları genel olarak çok zayıf ve zayıf düzeyinde, 180°C'de kurutulan ıspanak suyu tozları genel olarak geçebilir, orta ve zayıf düzeyde, 200°C'de kurutulan ıspanak suyu tozları ise genel olarak zayıf düzeyde akabilirlik davranışı sergilediği gözlenmiştir.

Ispanak suyu tozlarının Carr Indeks değerleri hava giriş ve çıkış sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye ve 80°C'den 90°C'ye arttırıldığında azalmış; hava giriş ve çıkış sıcaklıkları daha da arttırıldığında ise istatistiksel olarak önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$). 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozlarının Carr Indeks değeri hava çıkış sıcaklığındaki artışa bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). 100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozlarının Carr Indeks değeri ise hava giriş sıcaklığındaki artışa bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azalmıştır ($p<0.05$).



Şekil 4.17. Hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık değerinde (Hausner Oranı) meydana gelen değişim

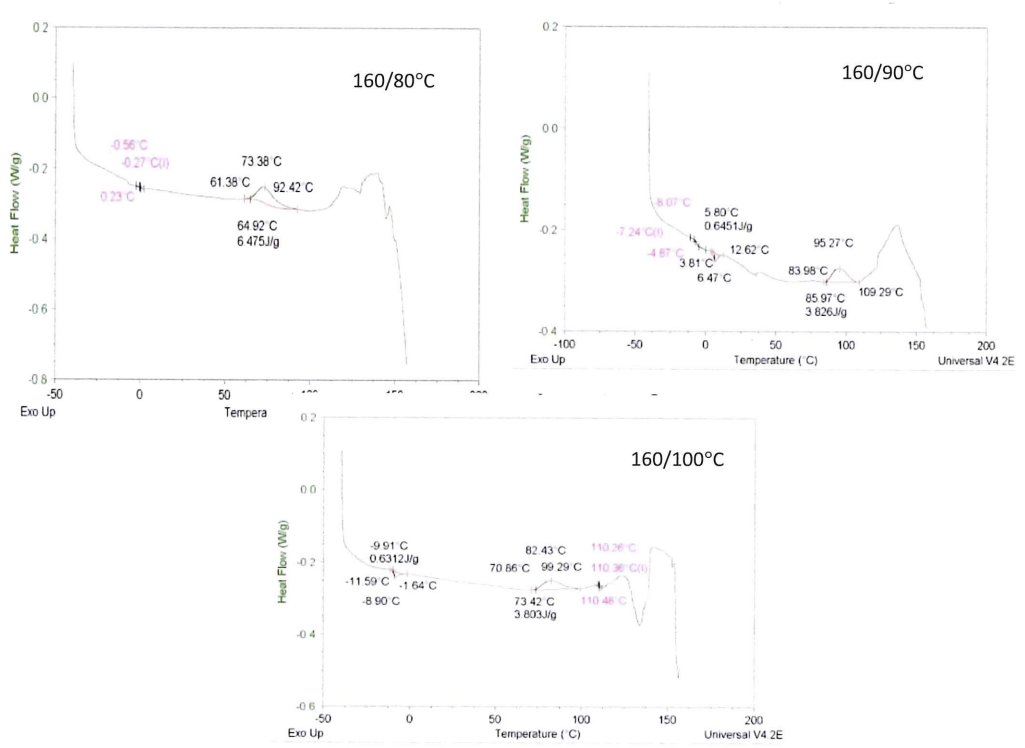
Şekil 4.17 incelendiğinde; hava giriş sıcaklığındaki değişimin yapışkanlık davranışı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu ($p<0.05$) ve ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık değerinin hava çıkış sıcaklığından istatistiksel olarak etkilenmediği sonucuna varılmıştır ($p>0.05$). Ispanak suyu tozlarının orta düzeyde yapışkanlık davranışı sergilediği gözlenmiştir. Iqbal and Fitzpatrick (2008) ve Fitzpatrick et al. (2007) yüksek nem içeriğinin partiküller arasındaki kohezyonu arttırarak daha yüksek yapışkanlık ve düşük akabilirlik davranışına neden olduğunu belirtmişlerdir. Tze et al. (2012) kötü düzeyde akabilirlik davranışının Van der Waals ve elektrostatik kuvvetlerle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Toz ürün tarafından emin absorbe edilmesiyle, nem tabakasının

kalınlığı artmakta ve partiküller arasındaki boşluklar azalarak Van der Waals bağları kuvvetlenmektedir. Ayrıca, artan nem içeriğiyle suyun iletken (conductivite) özellikleri nedeniyle elektrostatik kuvvetlerin azaldığını belirtmişlerdir.

Buna karşın, pürüzlü yüzeylere sahip tozlarda nem kayganlaştırıcı rol oynayarak sürtünme kuvvetlerini ve tutuklanmayı azaltarak partiküllerin akabilirliğinin arttırdığı belirtilmiştir (Tze et al., 2012). Ispanak suyu tozlarının morfolojik yapıları Şekil 4.22'de verilmiştir. Şekil 4.22 incelendiğinde ıspanak tozlarının küresel bir yapı göstermediği, büzüşme ve çatlamalardan dolayı oldukça pürüzlü bir yüzeye sahip olduğu görülmektedir. Yüksek nem içerikli ıspanak suyu tozlarının (180°C hava giriş sıcaklığında kurutulanlar) en iyi akabilirlik davranışı sergilemesinin nedeninin nemin kayganlaştırıcı etkisi olduğu düşünülmektedir. Ispanak suyu tozlarının nem içerikleri incelendiğinde en yüksek nem içeriğine (9.29%) sahip ıspanak suyu tozunun (180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulanlar) en iyi akabilirlik düzeyine sahip olduğu görülmektedir.

4.1.13 Ispanak Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklığı

Camsı geçiş sıcaklığı toz ürünlerin yapışma davranışının (toz forma geçemeyerek lastiğimsi yapı oluşturarak kurutma kabinine yapışmasının) tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Yüksek nem içerikleri, düşük camsı geçiş sıcaklığına neden olmakta ve toz ürünler yapışkan formda olmaktadır. Yüksek hareketlilik (mobility) yüksek sıcaklık ve nem içeriğinde gözlenmektedir. Toz ürünlerin camsı geçiş sıcaklığının belirlenmesi amorf bileşikler nedeniyle moleküler hareketlilik için bir göstergedir (Tze et al., 2012). Bunun yanı sıra toz ürünlerin camsı geçiş sıcaklığı (T_g) uzun süre kararlı bir şekilde depolanabilmeleri için bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Ispanak suyu tozlarının ısıtılması ve soğutulması sırasında termal/camsı geçişin belirlenmesi için, ısı akışı (W/g) ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren DSC termogramları kullanılmış ve termogramlar Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Seçilen hava giriş/çıkış sıcaklıklarında üretilen (160/80-100°C) ıspanak suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklıkları

Ispanak suyu tozlarının kristalizasyon sıcaklıkları 160/80°C, 160/90°C ve 160/100°C giriş/çıkış sıcaklıkları için sırasıyla 73.38°C, 95.27°C ve 99.29°C olarak belirlenmiştir. Kristalizasyon pikinin oluşumunun hemen öncesi olan camsı geçiş sıcaklığı değerleri ise 160/80°C, 160/90°C ve 160/100°C giriş/çıkış sıcaklıkları için sırasıyla 64.92°C, 85.97°C ve 73.42°C olarak belirlenmiştir. Hava çıkış sıcaklığı arttıkça ıspanak suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığının önce arttığı sonra ise azaldığı görülmektedir. Düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar gibi amorf maddelerin yüzey sıcaklıkları püskürtmeli kurutma işlemi sırasında camsı geçiş sıcaklığının 10–20°C üzerinde olmaması gerekmektedir. Böylece kurutma işlemi yapışma olmaksızın başarılı bir şekilde gerçekleşebilmektedir (Roos and Karel, 1991; Bhandari et al., 1997; Woo et al., 2009). Ispanak suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklıkları dikkate alındığında; püskürtmeli kurutma işlemi için seçilen hava çıkış sıcaklıklarının ıspanak suyu tozlarının yüzey sıcaklığının 10–20°C üzerine çıkmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle, ıspanak suyu tozlarının kurutma ajanına gerek duyulmaksızın başarılı bir şekilde kurutulabilmiştir.

4.1.14 Ispanak Tozlarının Morfolojik Yapıları

Ispanak suyu tozlarının SEM görüntüleri Şekil 4.19' da verilmiştir.



Şekil 4.19. Seçilen hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında üretilen (160/80-100°C) ıspanak suyu tozlarının morfolojik yapıları

Şekil 4.19 incelendiğinde ıspanak suyu tozlarının morfolojik yapısının küresel olmadığı, içe doğru büzülerek dişli bir yapının oluştuğu görülmektedir. Bu yapının oluşmasında püskürtmeli kurutucuya beslenen ıspanak suyunun kuru madde içeriğinin ve kurutma hızının düşük olması etkili olmuştur. Kurutma işlemi esnasında buhar fazına geçen su tanecikler içerisinden uzaklaşamamış olup, kurutma sonrasında buhar fazı tekrar sıvı faza geçerek partiküllerin büzüşmesine neden olmuştur. Nitekim püskürtmeli kurtuma işlemi sonrası elde edilen ıspanak tozlarının nem içeriğinin yüksek olması da bu durumu doğrulamaktadır. Ortalama partikül çapları SEM görüntüleri kullanılarak ölçümüş ve 160/80°C, 160/90°C ve 160/100°C giriş/çıkış sıcaklıkları için sırasıyla ortalama 12, 8 ve 10μm olarak hesaplanmıştır.

4.1.15 Ispanak Suyu Tozlarının Depolaması

Ispanak suyu tozlarının depolama boyunca fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla, en düşük nem içeriği (%5.56, yaş bazlı) ve su aktivitesi değerlerine (a_w=0.238) sahip ıspanak suyu tozları (160/100°C giriş/çıkış sıcaklığında üretilen) seçilmiştir. Seçilen ıspanak suyu tozları Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Toz forma dönüştürülmüş meyve- sebze sularının, çorbaların, vb. besin kaybını önleyerek muhafazası için nem ve oksijene karşı korunması gerekmektedir.

Bu amaçla, toz gıdalar genellikle ısıya duyarlı lamine kat kat alüminyum tabakası içeren lamine alüminyum polietilen gibi ambalaj malzemesi kullanılarak ambalajlanmaktadır (Jaya and Das, 2005). Ispanak suyu tozları alüminyum polietilen ambalaj malzemesi (%17 alüminyum-%83 polietilen) ile ambalajlanmış ve 3 farklı sıcaklıkta (4±2°C, 20±2°C ve 30±2°C) 5 ay süreyle depolanarak depolama boyunca her ay toz ürünlerin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Depolama için tüketicilerin toz ürünleri depolama koşulları göz önüne alınarak; buzdolabı koşulları (4°C), yaz ve kış şartları dikkate alınarak ise yaklaşık oda sıcaklıkları seçilmiştir (20°C ve 30°C).

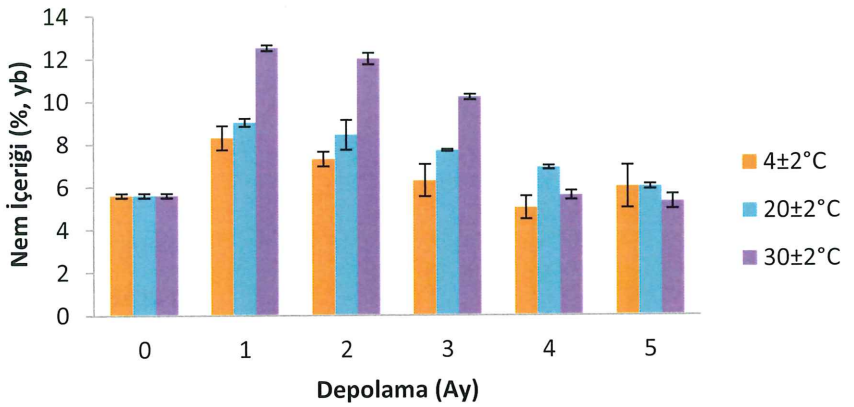


Şekil 4.20. Depolama için seçilen koşullarda (160/100°C giriş/ çıkış sıcaklığı) üretilen ıspanak suyu tozları

Camsı geçiş sıcaklığı, toz ürünlerin uzun süre depolanabilirliği için bir göstergedir. Gıdaların stabilitesi için hem işlenmesi hem de depolanması sırasında camsı geçiş sıcaklığının belirlenmesi önemlidir. Camsı geçiş gıda matrisinin yapısını değiştirdiği için, camsı geçiş sıcaklığı üzerinde enkapsüle materyalin stabilitesinin değişeceği belirtilmiştir (Ramoneda et al., 2011). Camsı geçiş sıcaklığı üzerindeki depolama sıcaklıklarında, şekerlerin yapısında meydana gelen kristalizasyon; enzim gibi biyomoleküllerin stabilizasyonunda kayıplara neden olmasının yanı sıra enkapsüle lipidlerin salınımına da neden olmaktadır (Shimada et al., 1991). Gıdaların matrisinde medyada gelen fiziksel değişimler su buharı ve oksijen gibi gazların geçirgenlik ve difüzyonunu etkilemektedir. Bunun sonucunda reaksiyon hızı artmakta ve enkapsüle edilmiş aktif materyalin stabilitesinde azalma gözlenmektedir. Seçilen koşullarda (160/100°C giriş/çıkış sıcaklığında) üretilen ıspanak suyu tozunun camsı geçiş sıcaklığı (T_g) 73.42°C olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklık dikkate alındığında, seçilen depolama koşullarında ıspanak suyu tozlarının camsı stabil yapıda olması beklenmektedir.

4.1.15.1. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Nem İçeriğinde (%, yb) Meydana Gelen Değişim

Ispanak suyu tozlarının nem içeriklerinde (%, yb) meydana gelen değişim Şekil 4.21'de verilmiştir. Şekil 4.21 incelendiğinde 1 ay depolama sonunda ıspanak suyu tozlarının nem içeriğinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı ($p<0.05$) (bu artışın en çok 30±2°C sıcaklıkta depolanan örneklerde olduğu), daha sonra ise depolama süresine bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sıcaklığı ve süresinin ıspanak suyu tozlarının nem içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolamanın ilk ayı sonunda nem içeriğinde meydana gelen artışın paketleme sırasında ya da paket içinde bulunan havada kalan nemin gıdaya geçmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, paketleme materyaline rağmen depolama ortamında bulunan havanın nem içeriğinin gıdaya geçişi de ıspanak suyu tozlarının nem içeriğindeki artışa neden olmuş olabilir.



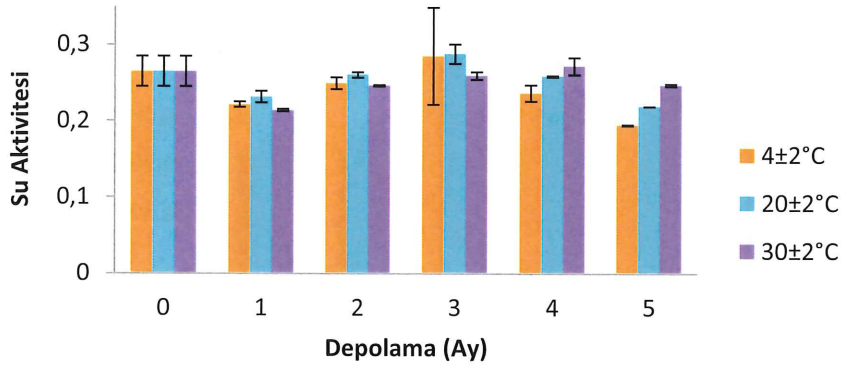
Şekil 4.21. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Nem İçeriğinde (%, yb) Meydana Gelen Değişim

Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş (180/80°C hava giriş ve çıkış sıcaklığı, atomizasyon hızı 35 000rpm ve besleme akış hızı 1 ml/s) bal tozlarının (sodyum kazeinat, gam Arabik ve sodyum kazeinat+gam Arabik içeren) 20°C'de %30 bağıl nemde 12 hafta boyunca depolandığı bir çalışmada; nem içeriğinde depolama süresince artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir (Samborska et al., 2015). Nem içeriğindeki artışın çevreden olan nem kazanımından dolayı meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Jaya and Das (2005) yaptıkları çalışmada vakum altında (70± 2°C'de 710-750mmHg vakum altında) kurutulmuş mango püresi tozlarını lamine alüminyum polietilen ambalaj malzemesiyle ambalajlayarak; 38±2°C'de %90 bağıl nemde 10 gün süreyle depolamışlar ve başlangıç nem içeriğinin (%4.1) 45 gün depolama sonunda %6.2'ye; 90 gün depolama sonunda ise yaklaşık 2 katına (% 7.8) çıktığını belirtmişlerdir.

4.1.15.2. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.22' de verilmiştir. Şekil 4.22 incelendiğinde su aktivitesi değerinin ilk ay sonunda azaldığı, ancak 30±2°C depolanan örnekler dışında ki diğer örneklerin su aktivitesinin depolama periyodu boyunca genel olarak arttığı gözlenmiştir.



Şekil 4.22. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Su aktivitesi değerinde Meydana Gelen Değişim

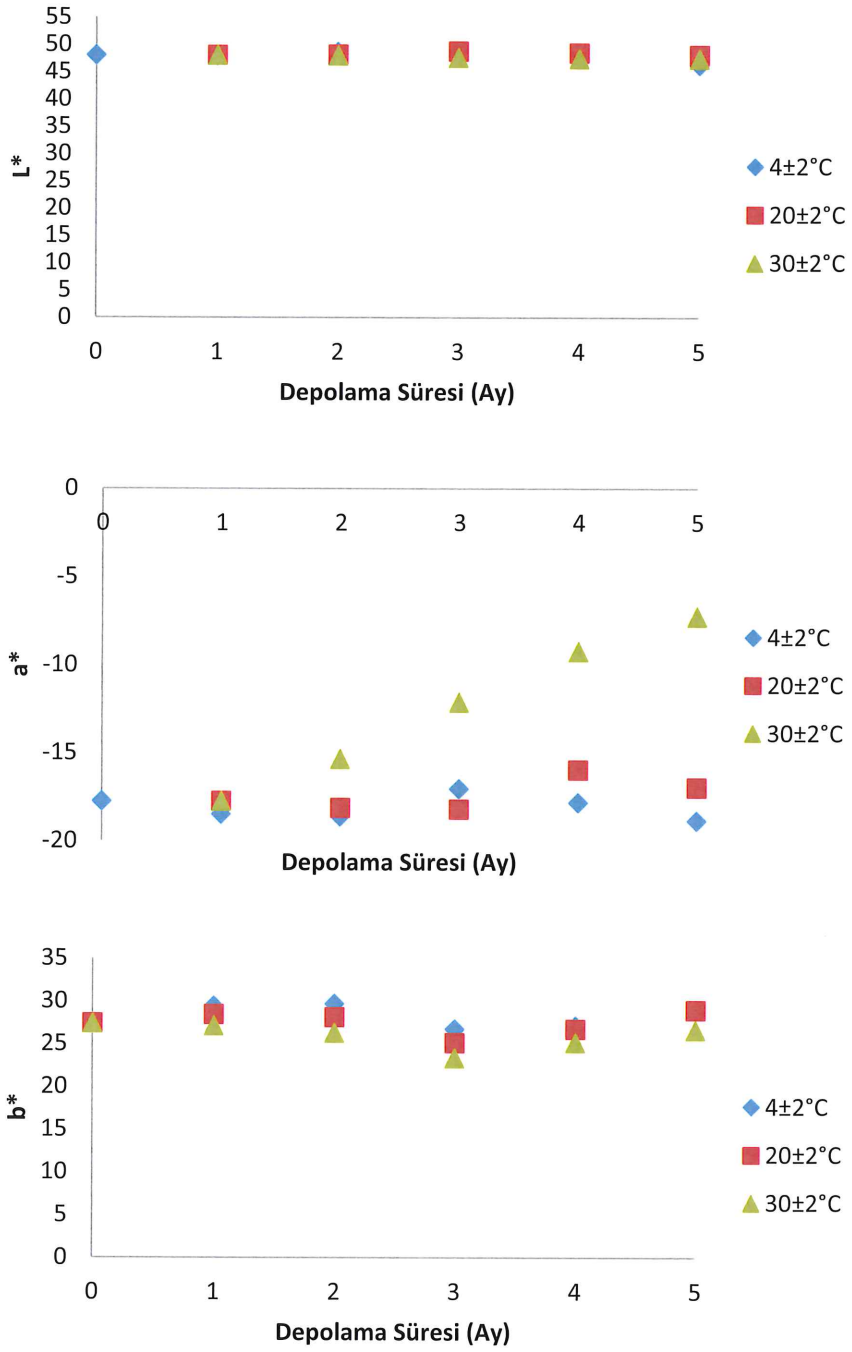
Şekil 4.22 incelendiğinde ıspanak suyu tozlarının su aktivitesi değerlerinin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak 0.195 (20°C'de 3. ay) ve 0.288 (4°C'de 5. ay) arasında değiştiği görülmektedir. Tüm depolama sıcaklıkları için genel olarak ilk ay su aktivitesi değerinde azalma, daha sonra ise 4. aya kadar artış ve 4. ayla birlikte azalış gözlenmiştir. Benzer bir şekilde Caliskan et al. (2015) yaptıkları çalışmada β-karoten içeren ekstrüde ürünleri 3 farklı sıcaklıkta (20°C, 40°C ve 60°C) depolamış ve depolama boyunca ekstrüde ürünlerin su aktivitesi değerinde

ilk üç gün boyunca azalma ve daha sonraki 10 gün boyunca artma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, atomizasyon hızı 35 000rpm ve besleme akış hızı 1ml/s) bal tozlarının (sodyum kazeinat, gam Arabik ve sodyum kazeinat+gam Arabik içeren) 20°C'de %30 bağıl nemde 12 hafta boyunca depolandığı bir çalışmada; su aktivitesi değerinde depolama süresince artış meydana geldiği gözlenmiştir (Samborska et al., 2015). Su aktivitesi değerinde meydana gelen artışın, çevreden olan su absorbsiyonuna ya da şekerlerde meydana gelen kristalizasyona bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.15.3. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.23'te verilmiştir. Depolama süresi ve sıcaklığı ıspanak suyu tozlarının renk değerlerini istatistiksel olarak anlamlı bir ölçüde etkilediği gözlenmiştir ($P<0.05$).



Şekil 4.23. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.23 incelendiğinde; ıspanak suyu tozlarının parlaklık değeri depolamanın ilk aylarında oldukça yavaş bir oranda değişim gösterirken; artan depolama süresi ve sıcaklığa bağlı olarak istatistiksel olarak önemli oranda azalmıştır ($p<0.05$). 4±2°C ve 20±2°C sıcaklıklarında depolama boyunca L* değerinde önce azalış sonra artış meydana geldiği görülmektedir. 30±2°C'de

depolanan örneklerin parlaklık değerinde ise depolama boyunca azalma meydana geldiği görülmüştür. En fazla parlaklık kaybı 30±2°C'de depolanan örneklerde gözlenmiştir. Bu durumun depolama boyunca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, ıspanak suyu tozlarının nem içeriğindeki artış nemli ve koyu renkte bir görünüme bağlı olarak daha düşük parlaklık değerine yol açmış olabilir.

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının yeşillik/kırmızılık (a*) değerinde meydana gelen değişim incelendiğinde; a* değerinin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı görülmektedir ($P<0.05$). Şekil 4.26 incelendiğinde 30±2°C'de depolanan tozların a* değerinin arttığı; 4±2°C ve 20±2°C'de depolanan örneklerin ise benzer bir davranış göstererek 2. aya kadar arttığı daha sonra ise azaldığı gözlenmiştir. Sonuç olarak 30±2°C'de depolanan ıspanak tozları kendine özgü yeşil rengini kaybetmeye başladığı görülmüştür. Klorofil degredasyonu, ısı, nem ve oksijen varlığından dolayı meydana gelen esmerleşme reaksiyonları, oksidatif reaksiyonlar ve pigmentlerde meydana gelen bozulmaların yeşil rengin kaybolmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

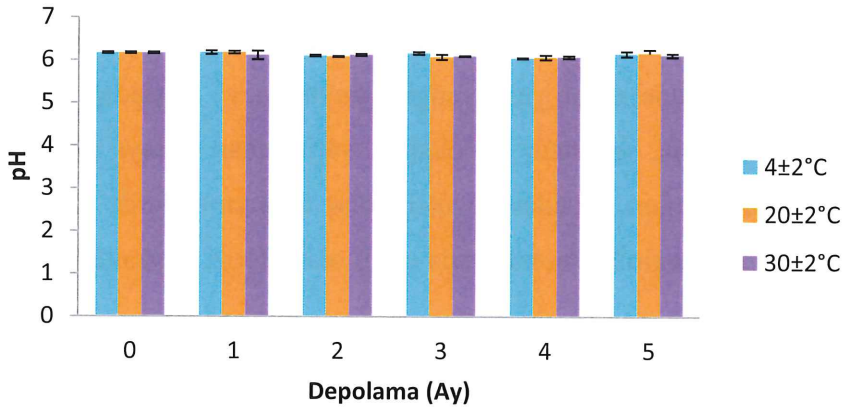
Ispanak suyu tozlarının sarılık/mavilik (b*) değerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde ise; 3. ay depolama dışında depolanan örneklerin b* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ($p>0.05$), ancak depolama sıcaklığının ıspanak suyu tozlarının b* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir ($p<0.05$).

Renk değerlerinde meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiştir. L* ve b* değerlerinde meydana gelen değişmelerin yüksek R^2 değerine sahip olmadığı gözlenmiştir (EK-24). Ayrıca, 4 ve 20°C'de depolanan örneklerin a* değeri için elde edilen sonuçların da düşük R^2 değerine sahip olduğu görülmüştür (EK-24). Ancak, 30°C'de depolanan ıspanak suyu tozlarının a* değerinde meydana gelen değişmeler için 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir. Belirtilen sıcaklık için 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği sabiti sırasıyla k_0=-2.8536 (R^2=0.8880), k_1=0.219 (R^2=0.9444) ve k_2=0.0181 (R^2=0.9454) olarak bulunmuştur. Renk değerlerinde meydana gelen değişimin 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Ispanak suyu

tozlarının a* değerindeki bozunmanın 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.15.4. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının pH Değerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının pH değeri 6.05±0.02 ve 6.18±0.02 değerleri arasında değişmiştir. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.24'de verilmiştir. Şekil 4.24 incelendiğinde, ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişimin depolama süresi ve sıcaklığından istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır ($p>0.05$).



Şekil 4.24. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim

4.1.15.5. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Kimyasal Bileşiminde Meydana Gelen Değişim

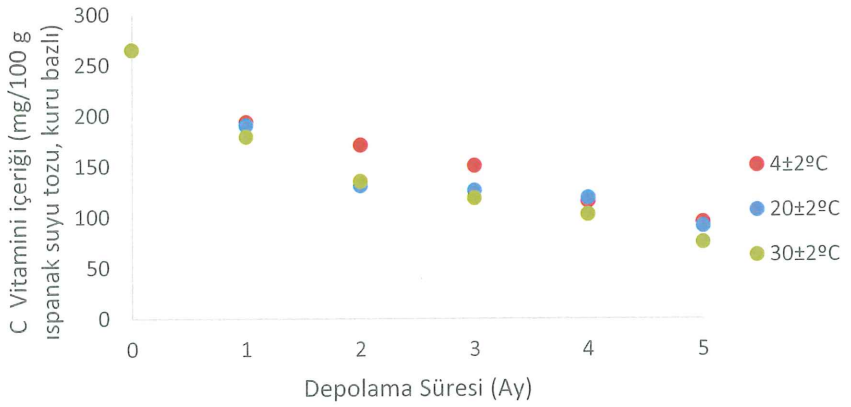
Gıdalarda besleyici öğe kaybına yol açan etmenler; genetik faktörler ve olgunluk, hasat sonrası ve kesimi izleyen süreçte uygulanan işlemler, kesme, parçalama, soyma, öğütme, yıkama, haşlama, ağartma, kurutma, kimyasallarla yapılan üretimler, konserveleme, pastörizasyon, sterilizasyon, mikrodalga ısıtma, ekstrüzyon, dondurma, ışınlama, yüksek basınç uygulamaları, pişirme ve depolamadır (Saldamlı, 2014).

Pek çok gıda bileşeni enzimatik olmayan esmerleşme, oksidasyon gibi reaksiyonlar nedeniyle depolama boyunca kayba uğramaktadırlar (Potes et al.,

2017). C vitamini, karotenoidler, klorofiller ve fenolik bileşikler ısıya duyarlı gıda bileşenleridir ve ısı, ışık, enzim, metal iyonları vb. etmenlerden dolayı oksidasyona veya degredasyona uğramaktadırlar (Sinchaipanit et al., 2015; Naidu et al., 2012; Qiu et al., 2009).

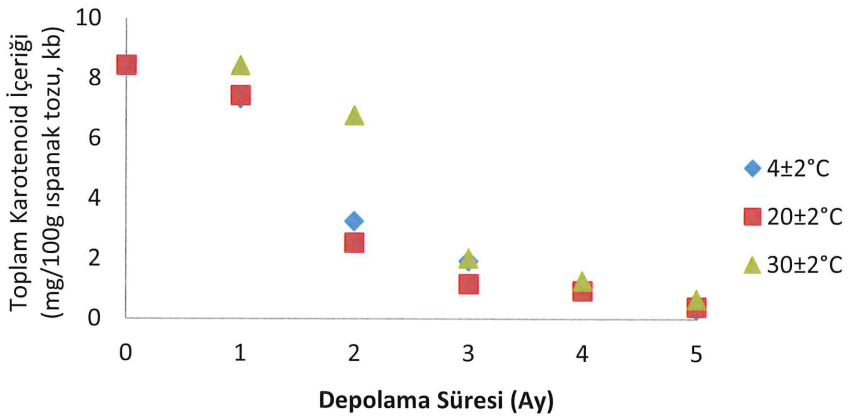
Askorbik asitlerde meydana gelen kayıplar düşük su aktivitesi değerinde ve dondurarak muhafazada dahi gerçekleşmekte olup; düşük sıcaklıklarda askorbik asit kaybının düştüğü belirtilmiştir (Saldamlı, 2014).

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının sıcaklık ve süreye bağlı olarak kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimleri Şekil 4.25-4.28'de verilmiştir. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil ve toplam fenolik madde içeriğinde ıspanak suyuna kıyasla istatistiksel olarak önemli oranda azalma olmuştur ($p<0.05$).



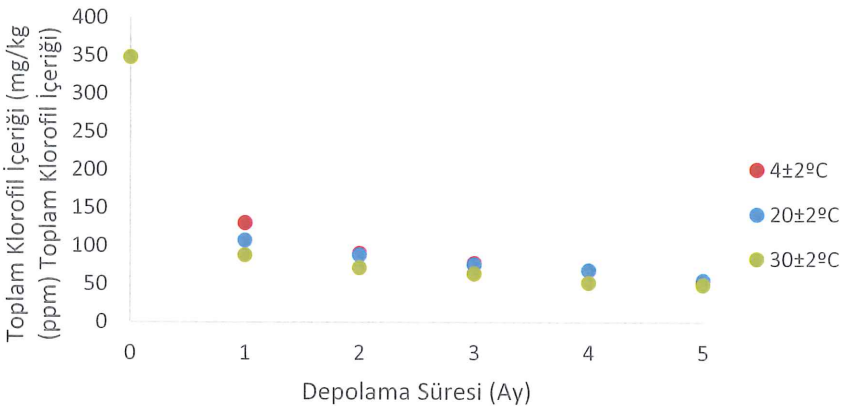
Şekil 4.25. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim

Ispanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim incelendiğinde (Şekil 4.25); her üç sıcaklık için de depolama boyunca zamana bağlı genel olarak düzenl bir azalış meydana geldiği görülmektedir.



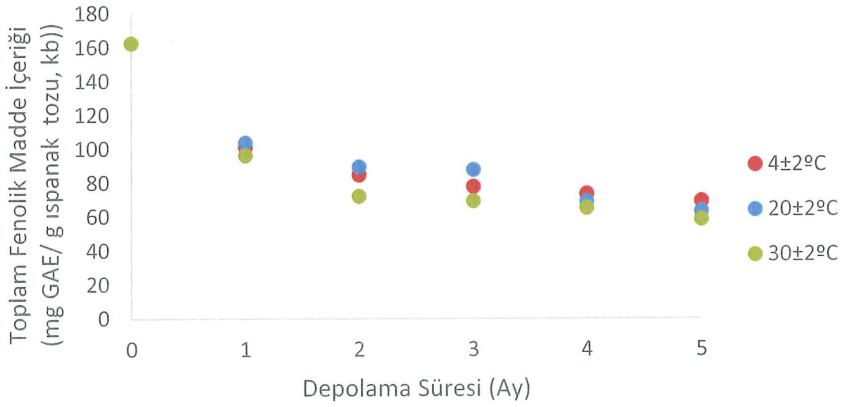
Şekil 4.26. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam karotenoid miktarında meydana gelen değişim

Ispanak suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim incelendiğinde (Şekil 4.26); her üç sıcaklık için de ilk iki ay artarak azalan bir değişim olduğu diğer aylarda ise genel olarak doğrusal bir bozulma meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.27. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil içeriğinde meydana gelen değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının klorofil içeriğinde meydana gelen değişim incelendiğinde; ilk ay çok hızlı bir şekilde bozunma meydana geldiği, diğer aylarda (2-5 ay) ise değişimin çok az olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.27).



Şekil 4.28. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişme incelendiğinde (Şekil 4.28), klorofil içeriğinde meydana gelen değişime benzer bir şekilde ilk ay çok hızlı bir şekilde bozunma meydana geldiği, diğer aylarda (2-5 ay) ise başlangıca kıyasla daha yavaş bozunma gerçekleştiği gözlenmektedir.

Her üç depolama sıcaklığında da C vitamini, toplam karotenoid ve toplam fenolik madde değerlerinde meydana gelen azalmalar benzer bir eğilim göstermekle birlikte, en az kayıp 4°C'de depolanan örneklerde, en fazla kayıp ise 30°C'de depolanan örneklerde gözlenmiştir. Benzer bir şekilde, Fang and Bhandari (2011) yaptıkları çalışmada püskürtmeli kurutucuda (150/80ºC hava giriş çıkış sıcaklığı) kurutulmuş maltodekstrin (10DE) katkılı defne meyvesi suyunun kurutma işlemiyle toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriğinde sırasıyla %4 ve %6 oranında kayıp meydana geldiğini belirtmişlerdir. Elde edilen defne meyvesi suyu tozu dört farklı su aktivitesi değerinde (0.1, 0.22, 0.33 ve 0.44) ve 3 farklı hava sıcaklığında (5ºC, 25ºC ve 40ºC) 6 ay süre ile desikatörde depolanmış ve 5ºC, 25ºC ve 40ºC'de depolanan tozların toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriğinde sırasıyla %6-8, %6-9 ve %7-37 ve %7-27, %9-37 ve %9-94 oranında kayıp meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Kimyasal bileşenlerin korunum yüzdesi depolama öncesi ve sonrası (5 ay) miktarlar dikkate alınarak hesaplanmış ve depolama sıcaklığına bağlı olarak C vitamini içeriği için %28.31 ile %35.86, toplam karotenoid miktarı için %3.68 ile

%4.86, toplam klorofil içeriği için %13.90 ile %15.66 ve toplam fenolik madde miktarı için ise %35.91 ile %42.58 arasında değiştiği belirlenmiştir. C vitamini, toplam karotenoid ve toplam fenolik madde miktarında meydana gelen bozunma hızının depolamanın ilk 2 ayı için çok hızlı olduğu gözlense de diğer aylarda yavaşlamıştır (Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28).

Taze fasulye ve bezelyenin 12 ay süreyle -18°C'de depolandığı bir çalışmada C vitamini ve β- karoten kaybı, sırasıyla taze fasulye için; %52 ve % 0-23, bezelye için ise %11 ve %0-4 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu durumun nedeninin oksidasyondan kaynaklandığı belirtilmiştir (Fellows, 2009).

Kimyasal bozunma reaksiyonlarında reaksiyon hızı, reaksiyona giren maddelerin derişimlerinden bağımsızsa 0. dereceden reaksiyon; reaksiyona giren maddelerden sadece birinin derişimi ile orantılıysa 1. dereceden reaksiyon; reaksiyona giren iki aynı veya farklı molekülün derişimine bağlı ise 2. dereceden reaksiyon olarak adlandırılmaktadır. Reaksiyon hızını etkileyen faktörler, sıcaklık, çözücü, pH, iyonik şiddet, ışık, etkin maddenin çözünürlüğü vb.

Ispanak suyu tozlarının kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişimler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 25-28'de verilmiştir. Ispanak suyu tozlarının farklı depolama sıcaklıklarında depolama boyunca C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim incelendiğinde hem 1. (4°C için k=0.2043 (R^2=0.9936), 20°C için k=0.2273 (R^2=0.8714), ve 30°C için k=0.2590 (R^2=0.9478)) hem de 2. (4°C için k=0.0012 (R^2=0.9588), 20°C için k=0.0014 (R^2=0.9333), ve 30°C için k=0.0016 (R^2=0.9824)) dereceden reaksiyon kinetiği için de yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 4.28 incelendiğinde C vitamini içeriğinde meydana gelen bozulmanın 2 farklı eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Bu amaçla, başlangıçtan itibaren 2 ay (0-2 ay) ve 3 ay (0-3 ay) sürede ve kalan zamanlarda meydana gelen değişimler ayrı ayrı birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre incelenmiş ancak elde edilen R^2 değerleri tüm verilerin değerlendirilmesiyle hesaplananlardan daha düşük bulunmuştur (EK-25). Elde edilen veriler ışığında ıspanak suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim 4°C'de depolanan ıspanak suyu tozları için 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak değişirken, 20°C ve 30°C'de depolanan ıspanak suyu tozları

için 2. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak değiştiği gözlenmiştir. Ancak bu tez kapsamında C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmelerin, kendi içinde uyumlu olması için 1. dereceden reaksiyon kinetiği için bulunan R^2 değerleri de yüksek olduğundan, 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu varsayılmış ve bu veriler kullanılarak aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

Ispanak suyu tozlarının farklı depolama sıcaklıklarında depolama boyunca toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim incelendiğinde 1. dereceden reaksiyon kinetiği için de yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir (4°C için k=0.5906 (R^2=0.9552), 20°C için k=0.5888 (R^2=0.9593), ve 30°C için k=0.6194 (R^2=0.9720)) (EK-26). Reaksiyon hız sabitinin artan depolama sıcaklığı ile arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde karotenoidlerin bozunma reaksiyonlarının 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğu belirtilmiştir (Caliskan et al., 2015; Dar et al., 2014; Lim et al., 2014; Achir at al., 2010; Desorby et al., 1997; Wagner and Warthesen, 1995).

Ispanak suyu tozlarının depolama süresi boyunca toplam klorofil içeriğinde meydana gelen değişimler; 0., 1., ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre incelenmesinin yanı sıra, farklı aylar için 2 farklı 1. dereceden reaksiyon kinetiği uygulanmıştır (EK-27). Şekil 4.30 incelendiğinde toplam klorofil miktarında ilk ay sonunda ani bir azalma, diğer aylarda ise yavaş bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum, klorofil içeriğinde meydana gelen değişimin ilk ay ve diğer aylarda farklı davranış sergilediğini göstermiş ve 0-1 aylar için ve 1-5 aylar arasında iki farklı kinetik uygulanmıştır (EK-27). Tüm veriler dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucunda ıspanak suyu tozlarının toplam klorofil içeriğinde meydana gelen değişmenin 2. dereceden reaksiyon kinetiğine (4°C için k=0.0033 (R^2=0.9596), 20°C için k=0.0033 (R^2=0.8806), ve 30°C için k=0.0041 (R^2=0.8252)) uygun olduğunu göstermektedir. 2. dereceden reaksiyon kinetiği hız sabitleri incelendiğinde; artan depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak arttığı görülmüştür. Ancak, 0 ve 1 aylar arasında ve 1-5 aylar arasında iki farklı kinetik uygulandığında elde edilen R^2 değerleri daha yüksek bulunmuştur. 0 ve 1. aylar arasında hesaplanan hız sabitleri 4°C için k=0.9842 (R^2=1), 20°C için k=1.1796 (R^2=1), ve 30°C için k=1.3767 (R^2=1) olarak bulunmuş ve reaksiyon hız sabitlerinin artan depolama sıcaklığına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. 1. ve 5. aylar arasındaki

reaksiyon hız sabitleri incelendiğinde 4°C için k=0.2377 (R^2=9509), 20°C için k=0.166 (R^2=0.9883) ve 30°C için k=0.162 (R^2=0.9682) olarak bulunmuştur. 0-1. aylar arasında hesaplanan reaksiyon hız sabitleri 1-5. aylar arasında hesaplananlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, ilk ayda meydana gelen hızlı bozunma davranışıyla doğrudan ilişkilidir.

Ispanak suyu tozlarının depolama süresi boyunca toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimlerin; 0., 1., ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre incelenmesinin yanı sıra, farklı aylar için 2 farklı 1. dereceden reaksiyon kinetiği uygulanmıştır (EK-28). Yapılan değerlendirme sonucunda, tüm veriler kullanılarak yapılan hesaplamalarda en yüksek R^2 değerlerine 2. dereceden reaksiyon kinetiğinde (4°C için k=0.0019, 20°C için k=0.002 ve 30°C için k=0.0025) rastlansa da R^2 değerleri 0.8054 ile 0.933 arasında değişmiştir. Reaksiyon hız sabitlerinin artan sıcaklığa bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.31 incelendiğinde, fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimin ilk 2 ve sonraki aylarda farklı davranış sergilediği gözlenmiş ve bu nedenle iki ayrı 1. Dereceden reaksiyon kinetiği uygulanarak sonuçlar EK-28'de verilmiştir. 0 ve 2. aylar arasında hesaplanan hız sabitleri 4°C için k=0.3542 (R^2=0.9231), 20°C için k=0.3277 (R^2=0.9080), ve 30°C için k=0.4294 (R^2=0.9683) olarak bulunmuş ve en yüksek reaksiyon hız sabiti değeri 30 °C'de depolanan tozlarda gözlenmiştir. 2. ve 5. aylar arasındaki reaksiyon hız sabitleri incelendiğinde 4°C için k=0.0704 (R^2=9872), 20°C için k=0.113 (R^2=0.8891) ve 30°C için k=0.0622 (R^2=0.9280) olarak bulunmuştur. Toplam klorofil miktarı sonuçlarına benzer bir şekilde, 0-2. aylar arasında hesaplanan reaksiyon hız sabitleri 2-5. aylar arasında hesaplananlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, ilk ayda meydana gelen hızlı bozunma davranışıyla doğrudan ilişkilidir.

Ispanak suyu tozlarının kimyasal bileşenleri için aktivasyon enerjisi (Ea) hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.3.'te verilmiştir (EK 25-28).

Çizelge 4.3. Birinci Dereceden Reaksiyon Hız sabiti ve Aktivasyon enerjisi

Depo Sıcaklığı (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k, ay^{1}) ve R^2	C Vitamini İçeriği (mg/100g ıspanak suyu tozu, kb)	Toplam Karotenoid içeriği (mg/100g ıspanak suyu tozu, kb)	Toplam klorofil içeriği (mg/kg (ppm) ıspanak suyu tozu, kb)	Toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/g ıspanak suyu tozu, kb)
4±2	k	0.2043	0.5906	0.9842 (0-1. aylar)	0.3542 (0-2. aylar)
				0.2377 (1-5. aylar)	0.0704 (2-5. aylar)
	R^2	0.9936	0.9552	1.00 (0-1. aylar)	0.9231 (0-2. aylar)
				0.9509 (1-5. aylar)	0.9872 (2-5. aylar)
20±2	k	0.2273	0.5888	1.1796 (0-1. aylar)	0.3277 (0-2. aylar)
				0.166 (1-5. aylar)	0.113 (2-5. aylar)
	R^2	0.8714	0.9593	1.00 (0-1. aylar)	0.9080 (0-2. aylar)
				0.9883 (1-5. aylar)	0.8891 (2-5. aylar)
30±2	k	0.2590	0.6194	1.3767 (0-1. aylar)	0.4294 (0-2. aylar)
				0.1620 (1-5. aylar)	0.0622 (2-5. aylar)
	R^2	0.9478	0.9720	1.00 (0-1. aylar)	0.9683 (0-2.aylar)
				0.9682 (1-5. aylar)	0.9280 (2-5.aylar)
Ea		6.270	1.374	8.730 (0-1. aylar)	5.870 (0-2. aylar)
				9.240 (1-5. aylar)	0.4200 (2-5. aylar)
R^2		0.9904	0.8329	0.9598 (0-1. aylar)	5.791 (0-2. aylar)
				0.6596 (1-5. aylar)	0.1202 (2-5. aylar)

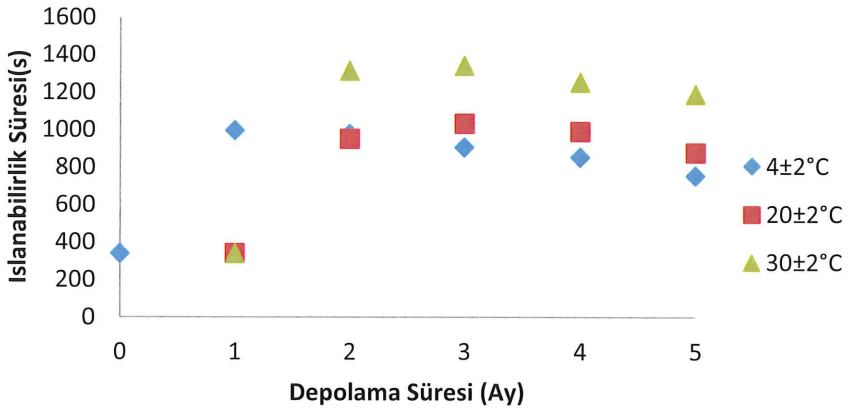
Çizelge 4.3 incelendiğinde, birinci dereceden reaksiyon hız sabitinin (k), depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak genel olarak arttığı görülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda depolanan örneklerde daha fazla kayıp meydana gelmiştir. Aktivasyon enerjisi bir kimyasal reaksiyonun sıcaklığa bağlı oluşunu ifade etmekte olup, yüksek aktivasyon enerjisi değerleri bozulmanın sıcaklıktan daha çok etkilendiğini göstermektedir. Bu çalışmada, en yüksek aktivasyon enerjisi değerleri toplam klorofil içeriği için; en düşük aktivasyon enerjisi değeri ise toplam karotenoid miktarı için hesaplanmıştır. En yüksek birinci dereceden reaksiyon hız sabiti (k) değeri toplam klorofil (0. ve 1. aylar arası) ve toplam karotenoid içeriği için elde edilmiştir. Benzer bir şekilde en çok kayıp toplam karotenoid içeriğinde meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda

araştırmacılar; karotenoidlerde meydana gelen bozulmaların 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleştiğini ve artan depolama sıcaklığına bağlı olarak artığını belirtmişlerdir (Desorby et al., 1997; Hidalgo and Brandolini, 2008; Achir et al., 2010; Caliskan et al., 2015).

Yapılan diğer çalışmalara ise; askorbik asit (Sinchaipanit et al., 2015; Burdurlu et al., 2006; Polydera et al., 2005), klorofil (Erge et al., 2008) ve fenolik bileşiklerde (Moldovan et al., 2016) de meydana gelen bozulmaların 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

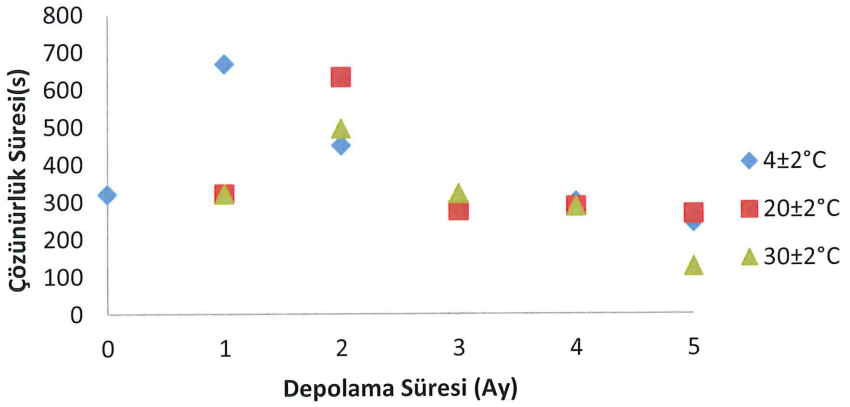
4.1.15.6. Depolama Boyunca Ispanak Suyu Tozlarının Toz Ürün Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.29-4.34'de verilmiştir. Toz ürünlerin ıslanabilirlik süresi, ilk ay sonunda istatistiksel olarak önemli oranda artmış ($p<0.05$); daha sonra ise azalmış, ancak bu azalış istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$) (Şekil 4.29). En uzun ıslanabilirlik süresi (s) 30°C'de depolanan örneklerde gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama boyunca toz ürünlerin ıslanabilirlik davranışı her üç sıcaklık için de benzer bir davranış sergilemiştir. Yüksek depolama sıcaklığı ve nem içeriğinin toz ürünlerde meydana gelen yapışkanlaşma ve kekleşmeyi destekleyerek, hızlı ve kolay ıslanmayı engellemiş olabileceği düşünülmektedir.



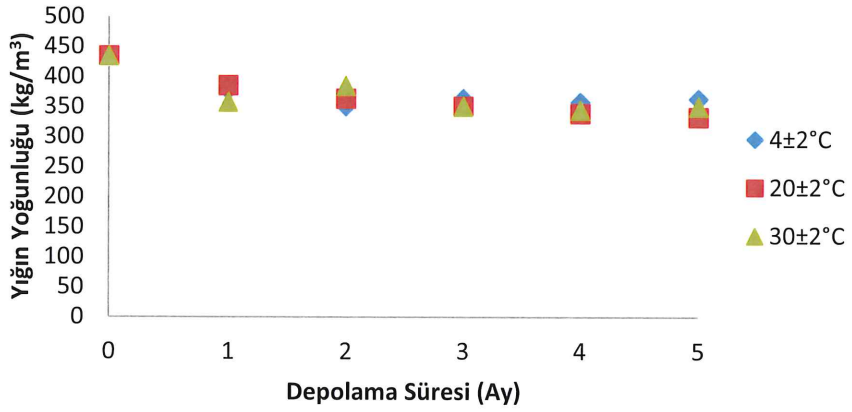
Şekil 4.29. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinde (s) meydana gelen değişim

Ispanak suyu tozlarının çözünürlük süreleri incelendiğinde; ıslanabilirlik süresine benzer olarak ilk ay depolamadan sonra çözünürlük süresinde (s) istatistiksel olarak önemli oranda artış gözlenmiştir ($p<0.05$) (Şekil 4.30). Devam eden depolama sürelerinde ise çözünürlük süresi genel olarak azalsa da belirgin bir davranış gözlenmemiştir. Depolama süresi boyunca ıspanak suyu tozlarının nem içeriği, su aktivitesi ve kimyasal kompozisyonda meydana gelen değişimlerin ıslanabilirlik ve çözünürlük süresini etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

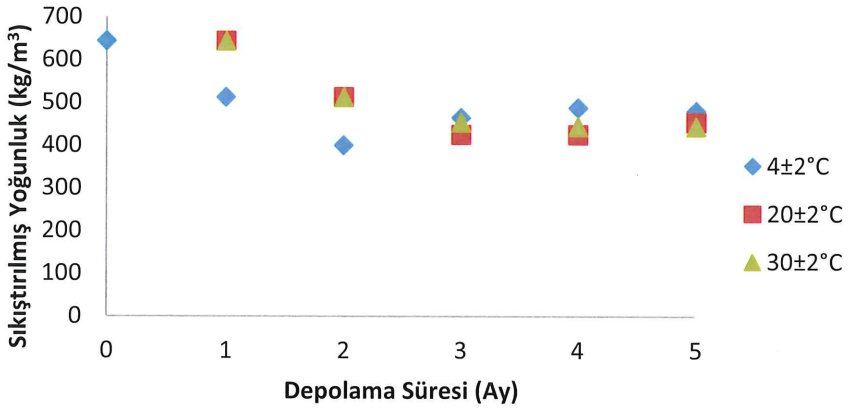


Şekil 4.30. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının çözünürlük sürelerinde (s) meydana gelen değişim

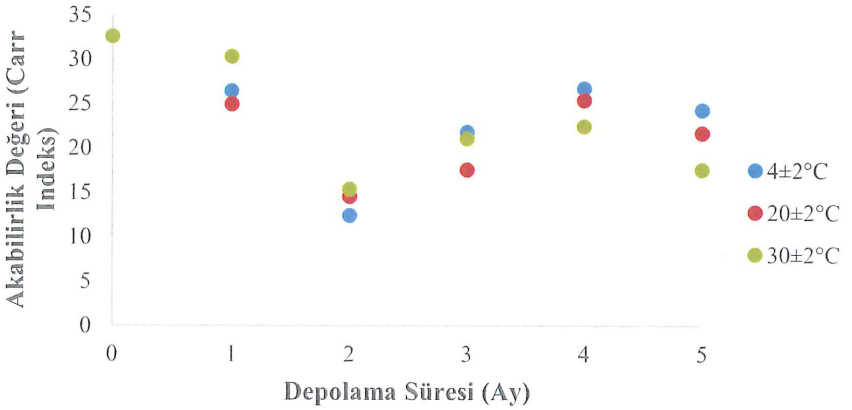
Ispanak suyu tozlarının depolama boyunca yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde (Şekil 4.31 ve 4.32); bu değerlerin ilk ay sonunda istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı ($p<0.05$), daha sonra ise hemen hemen sabit kaldığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Depolamanın ilk ayı boyunca meydana gelen azalışın nem içeriğindeki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Samborska et al. (2015) bal tozlarının depolanması boyunca yığın yoğunluğu değerinde meydana gelen değişimi incelemiş ve farklı katkıları içeren bal tozları için farklı değişimler gözlendiğini ve yığın yoğunluğunda meydana gelen değişmenin nem içeriğindeki ve partikül boyutundaki değişmeden kaynaklanabileceğini belirtmiştir.



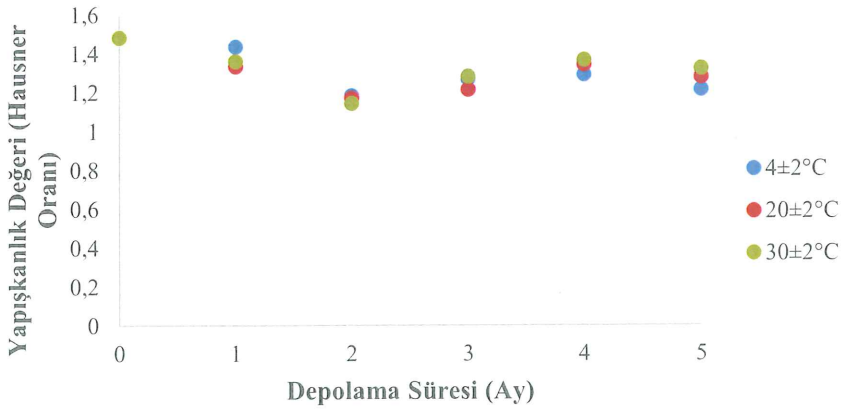
Şekil 4.31. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının yığın yoğunluğunda (kg/m³) meydana gelen değişim



Şekil 4.32. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğunda (kg/m³) meydana gelen değişim



Şekil 4.33. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının akabilirlik davranışında meydana gelen değişim



Şekil 4.34. Depolama boyunca ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık davranışında meydana gelen değişim

Depolama boyunca her üç sıcaklık için de akabilirlik ve yapışkanlık değerleri genel olarak orta düzeyde bulunmuştur. En iyi akabilirlik ve yapışkanlık davranışına oda sıcaklığında depolanan örneklerde rastlanmıştır. Toz ürünlerin Carr İndeks ve Hausner oranları ilk iki ay boyunca azalarak iyi-çok iyi ve düşük seviyelere ulaşmıştır. Ancak daha sonra toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık değerleri orta düzeye yükselmiştir. Toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık davranışları her üç depolama sıcaklığı için de benzer bir eğilim göstermiştir. Toz ürünlerin yapışkanlık davranışı depolama sıcaklığından etkilenmemiştir ($p>0.05$).

Yüksek nem içeriklerinin nemin kayganlaştırıcı rol oynayarak yüzey pürüzlülüğüne neden olan sürtünmede azalma ve kilitlenmeye neden olarak tozların akabilirliğini arttırdığı belirtilmiştir (Tze et al., 2012). Depolama sırasında ilk ay sonunda olan nem artışı gözlenmiş ve 2. ay da diğer aylar göre nispeten yüksek nem içeriği değerleri gözlenmiştir. Ispanak tozlarının nem içeriğindeki artışın tozların akabilirliğini artırdığı düşünülmektedir.

Samborska et al. (2015) farklı oranlarda katkı maddeleri (maltodekstrin ve gam Arabik) içeren bal tozlarının depolanması boyunca yapışkanlık değerinde artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu durumun ise; nem içeriği ve partikül boyutunda meydana gelen değişime bağlı olarak toz ürünlerin kohezyonunun artmasından ileri geldiğini öne sürmüşlerdir.

4.1.16 Ispanak Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi

1975 yılında Gıda Teknolojisi Enstitüsü duyusal değerlendirmeyi; gıda ve materyallerin görme, koklama, tatma, dokunma ve duyma duyularıyla algılanan karakteristiklerinin; ölçülmesi, analiz edilmesi ve yorumlanmasıyla ilgili bir bilimsel disiplin olarak tanımlamıştır. Duyusal değerlendirme, yeni ürünlerin üretilmesi ve piyasaya sürülmesi için tüketici beğenisinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. İyi düzenlenmiş ve organize edilmiş duyusal testler, hedef tüketici tercihlerinin yüksek doğrulukla belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Shankaralinkgam et al., 2004; Meilgaard et al., 1999).

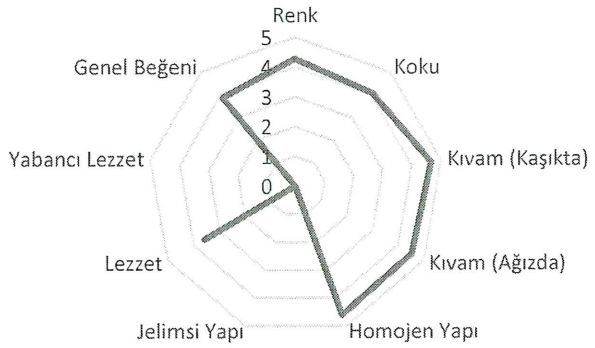
Elde edilen ıspanak suyu tozlarının tüketici tarafından tercih edilirliğinin belirlenmesi amacıyla; örnek gıda sistemi olarak süzme yoğurda eklenerek dip sos üretilmesi hedeflenmiştir. Üretilen ıspanak suyu tozları örnek gıda olarak seçilen süzme yoğurda farklı oranlarda ilave edilerek dip sos yapılmıştır. Ispanak suyu tozu ile hazırlanan dip soslar Şekil 4.35'te verilmiştir. Yarı eğitilmiş 15 panelist ile duyusal olarak dip sosların; renk, koku, kaşıkta ve ağızda kıvam, homojen ve jelimsi yapı, lezzet, yabancı lezzet ve genel beğeni özellikleri değerlendirilmiştir.



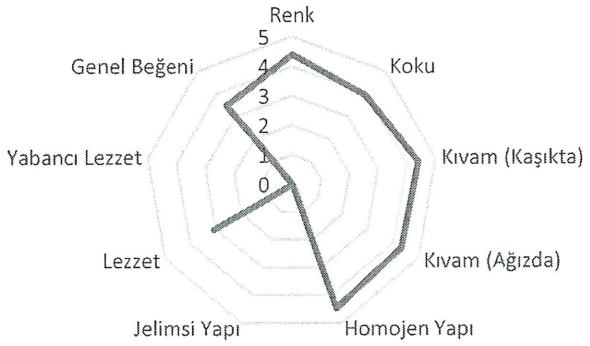
Şekil 4.35. Farklı oranlarda ıspanak suyu tozu içeren dip soslar

Hazırlanan dip soslar incelendiğinde, tüm tozların süzme yoğurt ile kısa sürede homojen bir şekilde karıştığı gözlenmiştir. Farklı oranlarda ıspanak suyu tozu içeren dip soslar için yapılan duyusal değerlendirme sonuçları sırasıyla Şekil 4.36-4.41'de, istatistiksel analiz sonuçları ise EK-29'da verilmiştir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; %10 oranında ıspanak suyu tozu ilavesiyle dip sosların renk, ağızda kıvam, homojen yapı ve genel beğeni değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Koku, kaşıkta kıvam ve lezzet skorlarında konsantrasyon arttıkça istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Dip soslarda jelimsi yapı ve yabancı lezzet tespit

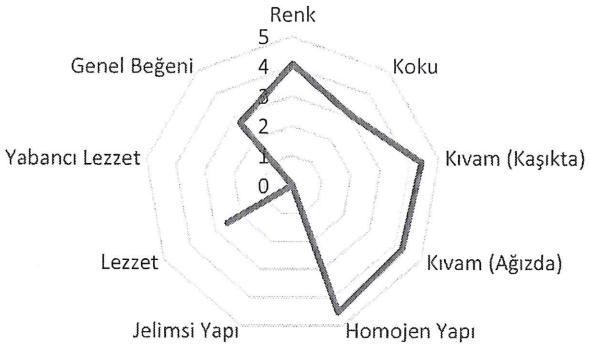
edilememiştir. Genel beğeni sonuçları incelendiğinde; en çok beğenilen dip sosların %0.5 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip soslar, daha sonra ise %1 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip soslar olduğu belirlenmiştir ancak genel beğeni açısından örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Panelist yorumları ışığında en düşük ıspanak suyu tozu konsantrasyonunda (%0.5) dahi ıspanak tadının anlaşıldığı, %10 konsantrasyon ve üzerinde ise demir tadı geldiği sonucuna varılmıştır. Duyusal değerlendirmeye ek olarak dip sosların kıvamını belirlemek amacıyla, dip sosların kaşıktan akma davranışı incelenmiş ve ıspanak suyu tozu miktarı arttıkça dip sosların kıvamındaki (kuru madde miktarındaki artışa bağlı olarak) artışa bağlı olarak kaşıktan akmadığı gözlenmiştir.



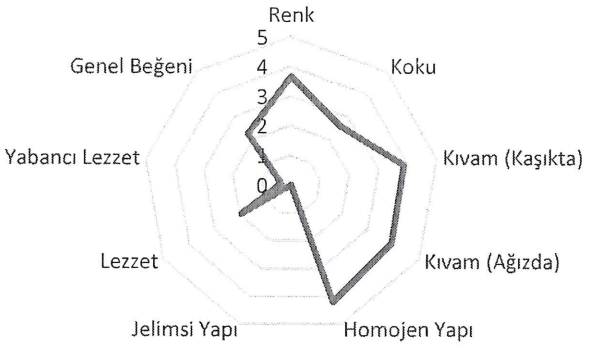
Şekil 4.36. %0.5 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



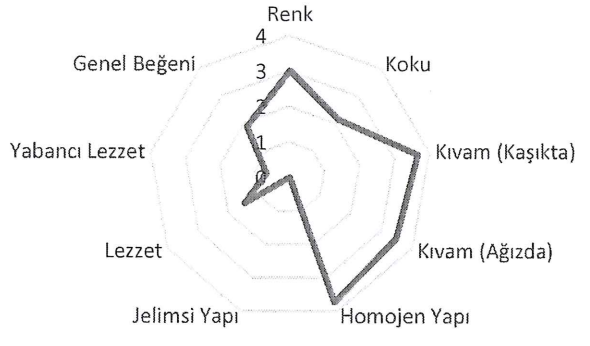
Şekil 4.37. %1 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



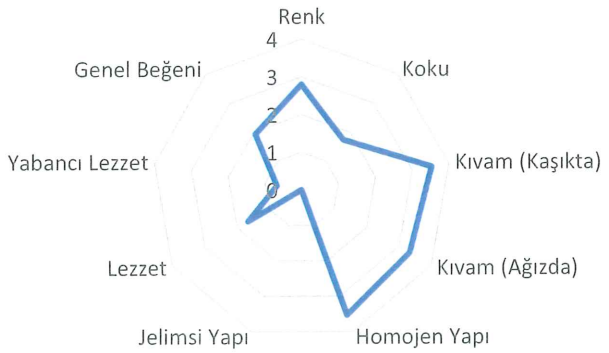
Şekil 4.38. %5 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.39. %10 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.40. %15 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.41. %20 oranında ıspanak suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

Duyusal analiz sonuçlarına göre ıspanak suyu tozu konsantrasyonu arttıkça genel olarak lezzet, koku, renk ve genel beğeni sonuçlarının azaldığı; homojen yapı, kaşıkta ve ağızda kıvam sonuçlarının ise istatistiksel olarak etkilenmediği gözlenmiştir ($p>0.05$). Jelimsi yapı ve yabancı lezzetin panelistler tarafından algılanmamıştır.

Ispanak tozlarının chapati premikslerinin (chapati premixes, chapati; Hindistan ve Pakistan'a özgü pide ekmek) fizikokimyasal, reolojik, besinsel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada; farklı oranlarda (%1, 3, 5, 7 ve 10) ıspanak tozu buğday ununa yer değiştirme esasına göre eklenmiştir. Ispanak tozu oranı arttıkça; chapatilerin parlaklık (L*), kırmızılık (a*), çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı ve sarılık (b*) ve sertlik değerlerinin ise arttığı gözlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde ise; renk, aroma, lezzet, doku ve genel beğeni skorları %5 ıspanak tozu oranına kadar istatistiksel olarak önemli oranda artmış; bu orandan sonra ise azalmıştır ($P<0.05$). Ayrıca ıspanak tozu ilavesiyle hem premikste hem de chapatilerde toplam klorofil ve karotenoid, C vitamini ve mineral madde miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemiştir ($p<0.05$) (Khan et al., 2015).

4.2 Havuç Sularının Püskürtmeli Kurutma İşlemiyle Kurutularak Havuç Suyu Tozu Eldesiyle İlgili Bulgular

Havuç suları hidrolik pres ile alınmış ve elde edilen havuç sularının (L*=73.55±1.86, a*= 7.67±1.17, b*= 26.63±3.63) suda çözünür kuru madde içeriği 8.2±0.2°Briks olarak belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutucuda kurutma denemeleri öncelikle kurutma ajanı kullanmaksızın gerçekleştirilmiştir. Havuç suları deneme planında bulunan en düşük (160/80°C) ve en yüksek (200/100°C) hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulmuştur. Havuç suyu tozları, kurutma kabinindan kazınarak toplanmış (Şekil 4.42) ve 1000 gram havuç suyundan yaklaşık olarak 10 gram toz ürün elde edildiği için kurutma ajanı kullanımına karar verilmiştir. Toz ürün verimi yaklaşık %10 olarak hesaplanmıştır.

Havucun şeker içeriğinin incelendiği bir çalışmada, toplam şeker içeriği %4.97 (yb) olarak bulunmuş ve ayrıca içerdiği glikoz, furuktoz ve sukroz miktarının sırasıyla %1.22, %0.919 ve % 2.83 (yb) oranında olduğu belirtilmiştir. (Rodriguez-Sevilla et al., 1999). Havucun düşük molekül ağırlıklı şekerleri içermesi nedeniyle düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip olduğu ve bu nedenle kurutma ajanı kullanılmaksızın havuç suyunun kurumasının mümkün olmadığı düşünülmektedir. Kurutma ajanı kullanmadan kurutulan havuç suyu tozlarının fiziksel özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.42. Sade havuç suyu tozu (200/100 °C Hava Giriş/Çıkış Sıcaklıkları)

Çizelge 4.4. Sade havuç suyu tozlarının fiziksel özellikleri

Analizler		Hava Giriş/Çıkış Sıcaklıkları (°C)	
		160/80	200/100
Nem İçeriği (%)		2.03±0.08^{x}	3.61±0.12^{y}
Su Aktivitesi		0.319±0.001^{x}	0.345±0.001^{y}
Renk Değerleri	L*	60.31±0.78^{y}	57.50±0.37^{x}
	a*	34.13±0.40^{y}	32.66±0.18^{x}
	b*	51.03±0.61^{x}	50.38±0.21^{x}

$^{x-y}$ değerler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P<0.05$).

Çizelge 4.4 incelendiğinde 200/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan havuç suyu tozlarının nem ve su aktivitesi değerlerinin daha yüksek ($p<0.05$) olduğu ancak renk değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Bu durumun, yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen ani kurumaya bağlı kabuk oluşumu nedeniyle suyun hücre içinde hapsolduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek hava giriş ve çıkış sıcaklıklarında renk pigmentlerinde meydana gelen bozulma ya da enzimatik olmayan esmerleşme nedeniyle 200/100°C'de kurutulan havuç suyu tozlarının daha düşük renk değerlerine sahip olduğu düşünülmektedir. Sarılık/mavilik ve yeşillik/kırmızılık değerlerinde meydana gelen değişmelerin ise; klorofil ve karotenoidlerin dekompozisyonu ve kahverengi pigmentlerin oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.2.1 Havuç Suyunun Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Ajanlarının Fiziksel ve Toz Ürün Özellikleri

Enkapsülasyon ya da kurutma ajanı olarak karbonhidratlar (nişasta, maltodekstrin, sukroz, selüloz ve türevleri), gamlar (guar gam, gam Arabik, karragenan vb.), lipidler (parafin, digliseritler vb.) ve proteinler (kazein, glüten, peynir altı suyu tozu, albümin, hemoglobin vb.) kullanılmaktadır. Toz ürünlerin eldesinde farklı kurutma ajanlarının kullanılması, kullanılan kurutma ajanının yapısal ve karakteristik özelliklerine bağlı olarak, toz ürünlerde farklı fizikokimyasal özelliklere neden olmaktadır. Meyve sularının ve/veya ekstraktlarının kurutulmasında en çok kullanılan kurutma ajanlarının yüksek moleküler ağırlığı ve camsı geçiş sıcaklığına sahip maltodekstrin, modifiye nişasta ve gam Arabik olduğu belirtilmiştir (Tonon et al. 2009; Cano-Chauca et al., 2011).

Kurutma ajanı olmaksızın kurutulmasında zorluklar bulunan havucun kurutulması amacıyla 3 farklı kurutma ajanı seçilmiştir. Kurutma ajanlarının yapısal farklılıklarını ve havuç suyu tozunda meydana getireceği fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerindeki farkları belirlemek amacıyla karbonhidratlar grubundan maltodekstrin, proteinler grubundan peynir altı suyu tozu ve gam grubundan gam Arabik seçilmiştir. Kurutma ajanlarının özellikleri dikkate alındığında; maltodekstrin suda çözünürlüğü yüksek, çözeltileri düşük viskoziteye sahip, gıdaya renk, koku ve tat vermeyen özellikte olduğu; gam Arabik çözünürlüğü yüksek, viskozitesi düşük ve emülsiyon oluşturma özelliğinden dolayı ve peynir altı suyu ise oksidasyona karşı iyi bir bariyer olduğu için kullanılmıştır. Barbosa et al. (2015), meyve ve sebze sularının püskürtmeli kurutucuda kurutulması için kurutma ajanının kullanımının esansiyel olduğunu belirtmiştir. Özellikle meyve sularında camsı geçiş sıcaklığını yükseltmek için yüksek miktarlarda kurutma ajanına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Tontul and Topuz, 2017; Ferrari et al., 2012). Yapılan bu tez çalışması kapsamında, farklı oranlarda kurutma ajanı ilavesiyle havuç suyu tozlarının verim, fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, havuç sularına kuru madde içeriğini 12, 16 ve 20°Brikse yükseltmek için gerekli miktarda kurutma ajanı ilave edilmiştir. En yüksek verim ve istenen fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinin gözleneceği kurutma ajanı miktarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Seçilen kurutma ajanları, püskürtmeli kurutma işleminde sıklıkla kullanılmasına rağmen fiziksel ve toz ürün özellikleri diğer analizler için de kullanılan yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kurutma ajanlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri

Analiz	Maltodekstrin (18-20 DE)	Peynir Altı Suyu Tozu	Gam Arabik
Nem İçeriği (yb%)	5.98 ± 0.08^{y}	2.34 ± 0.05^{x}	10.98 ± 0.12^{z}
Su Aktivitesi	0.360 ± 0.001^{y}	0.262 ± 0.001^{x}	0.378 ± 0.001^{z}
Yığın Yoğunluğu (kg/m^3)	536.02 ± 6.67^{x}	672.48 ± 0.95^{y}	653.62 ± 23.75^{y}
Sıkıştırılmış Yoğunluk (kg/m^3)	628.34 ± 20.9^{x}	801.83 ± 37.71^{y}	805.69 ± 17.34^{y}
Akabilirlik (CI)	12.31 ± 1.70^{x}(İyi)	16.04 ± 3.84^{y}(Orta)	18.80 ± 4.75^{z} (Orta)
Yapışkanlık (HR)	1.14±0.02 (Düşük)	1.19±0.09 (Düşük)	1.23±0.07(Orta)
Çözünürlük (s)	55.7 ± 9.10^{y}	9.33 ± 0.58^{x}	5070.00 ± 806.10^{z}
Islanabilirlik(s)	3.33 ± 0.56^{x}	13.33 ± 3.21^{y}	5340 ± 1257^{z}
Dağılabilirlik (%)	40.23 ± 0.98^{y}	91.42 ± 2.16^{z}	31.81 ± 0.47^{x}

$^{x-z}$ değerler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P<0.05$).

Çizelge 4.5 incelendiğinde; kurutma ajanlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu görülmektedir ($p<0.05$). En düşük nem içeriği ve su aktivitesi değerine peynir altı suyu tozunun, en yüksek nem içeriği ve su aktivitesi değerine ise gam Arabik' in sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Tonon et al. (2008) maltodekstrin (10 ve 20 DE), gam Arabik ve tapyoka nişastasının nem içeriğinin sırasıyla %5, %5, %10 ve %11 olduğunu belirtmiştir. Nurhadi et al. (2012) maltodekstrin (17.8DE) ve gam Arabik 'in nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla %8.6 (yaş bazlı) ve 0.65 ve %10.4 (yaş bazlı) ve 0.39 olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar Tonon et al. (2008) ile uyum içerisindedir. Ayrıca, araştırmacılar yüksek dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrinin ve gam Arabiğin hidrofilik gruplarındaki yüksek sayıdaki dallanmış grupların havadan kolayca suyu absorbe edebileceğini belirtmişlerdir. Bu durumun maltodekstrinin ve gam Arabiğin, peynir altı suyu tozuna kıyasla yüksek su aktivitesi değerine sahip olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

En yüksek yığın yoğunluğu değerine peynir altı suyu tozunun, en yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değerine ise gam Arabik' in sahip olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Genel olarak kullanılan kurutma ajanları düşük yapışkanlık ve orta düzeyde akabilirlik davranışı sergilemektedir. Saf su içerisinde en hızlı çözünen kurutma ajanının peynir altı suyu tozu, en hızlı ıslanan kurutma ajanının ise maltodekstrin olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

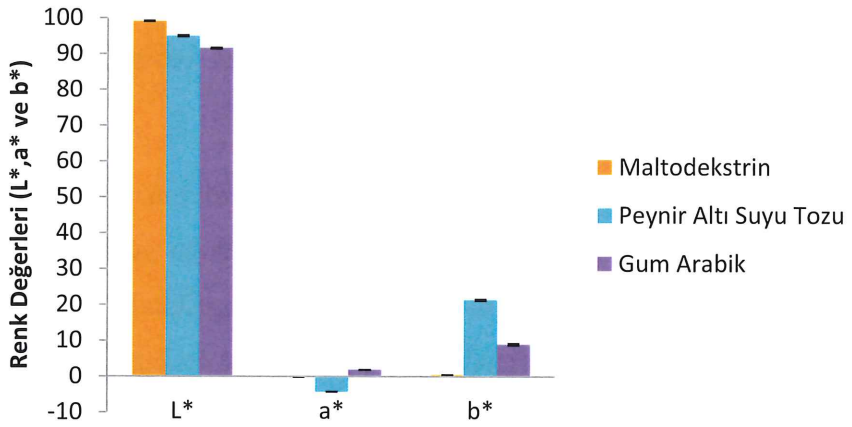
Şahin-Nadeem et al. (2013) yaptıkları çalışmada, β-siklodekstrin, gam Arabik ve maltodekstrinin (Glucidex IT 12; MD, 12DE) yığın yoğunluğunun sırasıyla 640.25, 465.37 ve 473.48kg/m^3 olduğunu belirtmişlerdir. Belirtilen değerler, bu çalışmada kullanılan kurutma ajanları için ölçülen değerlerin altındadır. Bu durumun kullanılan kurutma ajanlarının farklı üretici firmalardan temin edilmesinden ve kurutma ajanlarının farklı yapısal özelliklerden (dekstroz eşdeğeri vb.) kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Şekil 4.43' de kullanılan kurutma ajanları verilmiştir. Peynir altı suyu tozunun diğer tozlara göre daha sarı, maltodekstrinin beyaz ve gam Arabiğin ise bej rengi olduğu görülmetedir. Kurutma ajanlarının renk değerleri incelendiğinde (Şekil 4.44); L* değeri en yüksek olan kurutma ajanının maltodekstrin, en düşük olanın ise gam Arabik olduğu gözlenmiştir. a* ve b* değerleri incelendiğinde ise; peynir altı suyu tozunun diğer kurutma ajanlarına göre daha yüksek değerlere sahip olduğu ($p<0.05$), maltodekstrinin ise a* ve b* değerlerinin sıfıra yakın olduğu görülmüştür.



Maltodekstrin Peynir Altı Suyu Tozu Gam Arabik

Şekil 4.43. Kurutma ajanları



Şekil 4.44 Kurutma ajanlarının renk değerleri (L*, a* ve b*)

Caliskan and Dirim (2016) 10-12DE maltodekstrinin renk değerlerinin L*=98.18±0.15, a*=−0.185±0.05 ve b*=2.91±0.15 olduğunu belirtmişlerdir. Bulunan sonuçlar Caliskan and Dirim (2016) ile uyum içindedir. Sarılık/ mavilik değerindeki farkın kullanılan maltodekstrinlerin farklı dekstroz eşdeğerine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak; en yüksek nem içeriği, su aktivitesi, sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, yapışkanlık özelliklerine ve en yüksek çözünürlük ve ıslanabilirlik süresine sahip kurutma ajannın gam Arabik olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

4.2.2 Toz Ürün Verimliliği

Toz ürün verimi püskürtmeli kurutucu performansı için temel bir parametredir (Bhusari et al., 2014). Yüksek toz ürün verimi özellikle endüstriyel üretimler için karlılık açısından önem arz etmektedir (Tontul and Topuz, 2017). Verim; hava giriş/çıkış sıcaklığı, besleme akış hızı, atomizör hızı ve/veya basıncı, besleme konsantrasyonu, kurutma ajanı gibi faktörlere bağlıdır (Amerie and Maa, 2006; Chegini and Ghobadian, 2005; Goula and Adamopoulos, 2008; Tonon et al., 2008). Toz ürünlerde meydana gelen kayıplar, düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip beslemenin yanma/yapışma davranışı nedeniyle kurutma kabinine yapışmasından, partikül çapı küçük hafif tozların çıkan havayla birlikte dışarı atılmasından ya da elle toplama sırasında kişisel bazı hatalardan kaynaklı olarak toz ürünün verimli bir şekilde toplanamamasından kaynaklanmaktadır (Fang and Bhandari, 2011).

Havuç suları kurutma ajanı ilavesi olmadan deneme planında bulunan en düşük (160/80°C) ve en yüksek (200/100°C) giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulmuş ve yanma/ yapışmadan dolayı havuç suyu tozu elde edilememiştir. Bir miktar havuç suyu tozu kurutma kabininin duvarlarından fırça yardımı ile sıyırılarak toplanmışsa da elde edilen toz ürün verimi yaklaşık %10 civarında bulunmuştur.Kurutma ajanı ilavesi havuç suyunun yapışmasını azaltarak kurumasını desteklemiş ve toz ürün elde edilmiştir (Şekil 4.45). Havuç sularının suda çözünür kuru madde içeriği 8.2°Briks olarak ölçülmüş ve kurutma ajanlarının ilavesiyle; havuç sularının kuru madde içeriği 12, 16 ve 20°Briks'e yükseltilerek farklı kurutma ajanlarının ve suda çözünür kuru madde içeriklerinin havuç suyu tozlarının verimi üzerindeki etkisi

incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.46-4.48'de verilmiştir. Farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimliliği için istatistiksel analiz (ANOVA) sonuçları EK-30'da verilmiştir.



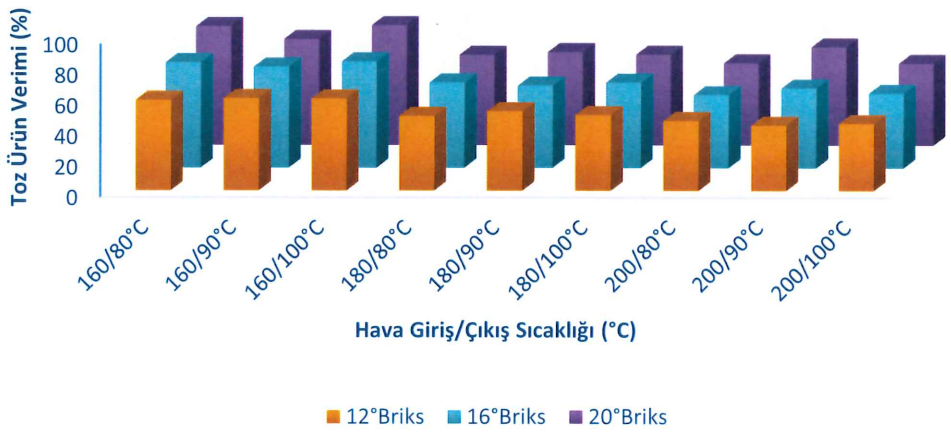
Şekil 4.45. 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında farklı kurutma ajanlarının ilavesi ile kurutulan havuç suyu tozları

Yüksek konsantrasyonlu beslemeler hızlı kuruduğu, enerji ve zaman tasarrufu ve ayrıca yüksek ürün verimi sağladığı için endüstride tercih edilmektedir. Bu amaçla genellikle düşük konsantrasyona sahip beslemeler evapore edilmekte ve ya konsantrasyonu arttırılmaktadır. Bu çalışmada, havuç suyu tozunda evaporasyondan kaynaklı kalite kayıplarını önleyerek sadece püskürtmeli kurutma işlem parametrelerinin etkisini belirlemek amacıyla ön evaporasyon işlemi yapılmamıştır. Evaporasyon dışında beslemelerin kuru madde içerikleri kurutma ajanı ile arttırılmakta ve kurutma ajanı ilavesiyle toz ürünlerin camsı geçiş sıcaklığı yükseltilerek yapışma problemi önlenmekte ve toz ürün verimi arttırılmaktadır (Amerie and Maa, 2006). Havuç suyu tozlarının verimi beslemenin kuru madde içeriği dikkate alınarak hesaplanmış (havuç suyu tozu miktarı (kg)/besleme kuru madde miktarı (kg)) ve sonuçlar Şekil 4.46-4.48'de verilmiştir.



Şekil 4.46. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%)

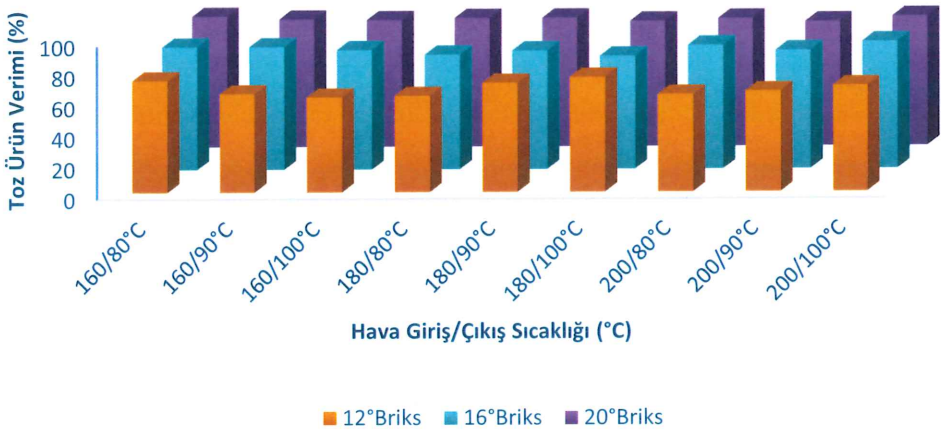
Şekil 4.46 incelendiğinde, en yüksek toz ürün veriminin (% 84.31) 160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyunun kurutulmasıyla elde edildiği; en düşük toz veriminin (%54) ise 180/90 °C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 12°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyundan elde edildiği gözlenmektedir. En düşük toz ürün verimi değerleri 12°Briks (ortalama toz ürün verimi %66.32) kuru madde içeriğine sahip havuç suyundan elde edilirken; kuru madde içeriği 16°Briks'e (ortalama toz ürün verimi %73.1) yükselmesiyle toz ürün verimi ortalama %10.90 oranında; kuru madde içeriği 16°Briks' ten 20°Briks'e (ortalama toz ürün verimi %79.02) yükselmesiyle ise ortalama %9.67 oranında artmıştır. Hava çıkış sıcaklığı sabit tutulduğunda hava giriş sıcaklığı 160°C'den (ortalama toz ürün verimi %75.90) 180°C'ye (ortalama toz ürün verimi %68.82) yükseldiğinde toz ürün veriminin genel olarak azaldığı; 180°C'den 200°C'ye (ortalama toz ürün verimi %73.72) yükseldiğinde ise genel olarak arttığı gözlenmiştir. Hava giriş sıcaklığının toz ürün verimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığı sabit tutulduğunda çıkış sıcaklığının toz ürün verimi etkisi üzerine düzenli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Hava çıkış sıcaklıklarındaki ortalama toz ürün verimleri incelendiğinde; 80°C, 90°C ve 100°C için sırasıyla %74.18, %72.09 ve %72.17 olarak hesaplanmış ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).



Şekil 4.47. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%)

Şekil 4.47 incelendiğinde, peynir altı suyu tozu katkısı ile kurutulan havuç suyu tozlarının, toz ürün verimlerinin maltodekstrin içeren tozlara kıyasla daha düşük olduğu, peynir altı suyu tozu konsantrasyonu arttıkça toz ürün veriminin istatistiksel olarak önemli oranda arttığı, hava giriş sıcaklığı arttıkça ise toz ürün veriminin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Hava çıkış sıcaklığının toz ürün verimi üzerinde düzenli bir etkisi gözlenememiştir. En yüksek havuç suyu tozu verimi (%78.5) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarına benzer bir şekilde 160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyunun kurutulmasıyla elde edilmiştir. En düşük toz ürün verimi (%42.95) ise 200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 12°Briks kuru madde madde içeriğine sahip havuç suyundan elde edilmiştir. Beslemenin kuru madde içeriği 12°Briks'ten (ortalama toz ürün verimi %51.54) 16°Briks'e (ortalama toz ürün verimi %57.87) yükselmesiyle toz ürün verimi ortalama %12.32 oranında; 16°Briks'ten 20°Briks'e (ortalama toz ürün verimi %64.17) yükselmesiyle ise ortalama %10.97 oranında artmıştır. Hava çıkış sıcaklığı sabit tutulduğunda 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için ortalama toz ürün verimi sırasıyla %67.88, %55.16 ve %50.52 olarak hesaplanmıştır. Hava giriş sıcaklığı sabit tutulduğunda ise 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama toz ürün verimi sırasıyla %57.56, %58.13 ve %57.87 olarak hesaplanmış

ve maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sonuçlarına benzer bir şekilde aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).



Şekil 4.48. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toz ürün verimi (%)

Şekil 4.48 incelendiğinde gam Arabik katkısı ile kurutulan havuç suyu tozlarının, toz ürün verimlerinin maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren tozlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozlarının sonuçlarına benzer bir şekilde gam Arabik konsantrasyonu arttıkça toz ürün veriminin genellikle istatistiksel olarak önemli oranda arttığı gözlenmiştir (12, 16 ve 20°Briks için ortalama toz ürün verimleri sırasıyla %67.86, %78.73 ve %83.52'dir). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının davranışına benzer bir şekilde; hava giriş sıcaklığı arttıkça, toz ürün veriminin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Ortalama toz ürün verimleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için sırasıyla %76.89, %76.42 ve %76.80 olarak hesaplanmıştır ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Hava çıkış sıcaklığının toz ürün verimi üzerinde düzenli bir etkisi gözlenememiş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama toz ürün verimi sırasıyla %76.76, %76.39 ve %76.96 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). En yüksek havuç suyu tozu verimi (%85.48) 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 20°Briks kuru madde içeriğine sahip gam Arabik içeren havuç suyunun kurutulmasıyla; en düşük toz ürün verimi

ise (%62.43) ise 160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 12°Briks kuru madde madde içeriğine sahip gam Arabik içeren havuç suyundan elde edilmiştir.

Genel olarak beslemenin kuru madde içeriği (kurutma ajanı konsantrasyonu) arttıkça toz ürün verimi artmıştır. Bu durumun nedeni, yüksek miktarlarda kurutma ajanı ilavesiyle sıvı beslemenin camsı geçiş sıcaklığının artması olduğu düşünülmektedir. Literatüde yapılan çalışmalar incelendiğinde; kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça yapışmanın azalarak toz ürün veriminin arttığı sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar, bu durumun nedenini kurutma ajanı ilavesiyle beslemenin camsı geçiş sıcaklığının artması olarak açıklanmışlardır (Bhusari et al., 2014; Tontul and Topuz, 2017; Caliskan and Dirim, 2016; Bhusari et al., 2014; Caliskan and Dirim, 2013; Amerie and Maa, 2006). Bu tez çalışmasında bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

En yüksek toz ürün verimi gam Arabik içeren havuç suyu tozlarında, en düşük toz verimi ise peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarda gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin, gam Arabiğin yüksek nem içeriği yüzünden (%10.98), istenen besleme kuru madde içeriğine ulaşmak için, maltodekstrin (%5.98) ve peynir altı suyu tozuna (%2.34) kıyasla daha fazla miktarda eklenmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Havuç suları istenen kuru madde içeriğine yükseltilirken, kullanılan kurutma ajanlarının nem içerikleri dikkate alınarak kütle denkliği yapılmış ve eklenmesi gereken kurutma ajanı miktarı belirlenmiştir. Kuru madde içeriği 8.2°Briks olan 1000g havuç suyuna, 12°Briks kuru madde içeriğine ulaşmak için 46.33g maltodekstrin; 44.36g peynir altı suyu tozu ve 49.34g gam Arabik ilave edilmiş ve havuç suyunun kuru madde içeriği refraktomekte ile kontrol edilmiştir. Benzer bir şekilde, 1000g havuç suyunun (8.2°Briks) kuru madde içeriğini 16 ve 20°Briks'e yükseltmek için sırasıyla 99.97g ve 159.42g maltodekstrin, 95.52g ve 151.94g peynir altı suyu tozu ve 106.82g ve 170.96g gam Arabik ilave edilmiştir. Havuç suyunun istenen kuru madde içeriğine ulaşması için gereken kurutma ajanları miktarları incelendiğinde, nem içeriği en düşük olan peynir altı suyu tozunun en az miktarda eklendiği ve toz ürün veriminin en düşük olduğu görülmektedir. Nem içeriği en yüksek olan gam Arabik istenen kuru madde değerine ulaşmak için diğer kurutma ajanlarına kıyasla daha fazla eklenmiş ve toz ürün verimi artmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; gam Arabik içeren nar suyu tozlarının ve bal tozunun veriminin maltodekstrin içerenlere göre daha yüksek

olduğu; aynı zamanda maltodekstrinin camsı geçiş sıcaklığının daha yüksek olmasına rağmen, gam Arabiğin kaplama özelliğinin daha iyi olduğu belirtilmiştir (Yousefi et al.,2011; Nurhadi et al., 2012).

Bhusari et al. (2014) yaptıkları çalışmada Hint hurmasını su ile ekstrakte etmişler ve ekstrakta farklı oranlarda maltodekstrin (20DE; %40, %50 ve %60 kurutma ajanı ekleme oranı), gam Arabik (%40, 50 ve 60 kurutma ajanı ekleme oranı) ve peynir altı protein konsantresi (protein içeriği %70; %10, %20 ve %30 kurutma ajanı ekleme oranı) ilave edip saf suyla sulandırarak beslemenin suda çözünür kuru madde içeriğini 20°Briks'e standardize ederek püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) kurutmuşlardır. Elde edilen toz ürün verimi incelendiğinde; en yüksek toz ürün veriminin peynir altı protein konsantresi içeren tozlarda (%70-80) en düşük olanın ise maltodekstrin (%48-60) içeren tozlarda olduğunu belirtmişlerdir. Gam Arabik içeren tozların veriminin %60 ile %70 arasında değiştiğini ve kurutma ajanı miktarı arttıkça toz ürün veriminin artığını belirmişlerdir.

Fang and Bhandari (2012) yaptıkları çalışmada, peynir altı suyu izolatı (protein içeriği %94.56 ve nem içeriği %4.38) ve maltodekstrin (10DE) ilavesinin defne meyvesi suyunun (kuru madde içeriği 11.0±0.5g/100g) kuruma verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla; farklı oranlarda peynir altı suyu izolatını (%0.5-10 ağırlıkça) ve maltodekstrini (%10-50 ağırlıkça) defne meyvesi suyuna ilave etmişlerdir. Tüm beslemelerin suda çözünür kuru madde içeriği 11.0g/100g'a ayarlanmış ve (150/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) püskürtmeli kurutucuda kurtulmuştur. Toz ürün verimini hesaplamak için sadece kollektörde toplanan tozlar kullanılmış, kurutma kabininde, borularda ve siklonda toplanan toz ürünler dikkate alınmamıştır. Peynir altı suyu izolatı ve maltodekstrin kontrol olarak püskürtülerek kurutulmuş ve toz ürün verimi sırasıyla %74 ve %67 olarak belirtilmiştir. Maltodekstrin içeren defne meyvesi suyu tozlarının veriminin %10.24 ile %55.84 arasında, peynir altı suyu izolatı içeren defne meyvesi suyu tozlarının veriminin ise %45.63 ile %56.19 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça verimin arttığını gözlemişlerdir.

Du et al. (2014) yaptıkları çalışmada Trabzon hurması püresini farklı oranlarda kurutma ajanları (maltodekstrin (14-16DE; %25 ve %45), gam Arabik

(%20 ve %30), nişasta (%20 ve %30), peynir altı suyu tozu konsantresi (WPC80; %20 ve %25) ve yumurta albümini (%5 ve %10)) kullanarak püskürtmeli kurutucuda (110/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 25rpm besleme akış hızı, 0.2Mpa kompresör hava basıncı) kurutmuşlar ve elde edilen toz ürün veriminin %41.66 (%25 maltodekstrin) ile %73.23 (%30 gam Arabik) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu durumun gam Arabiğin daha yüksek camsı geçiş sıcaklığına sahip olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca protein ilaveli tozların polisakkarit ilavelilere göre daha yüksek verimde olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde protein katkısının toz ürün verimi üzerinde maltodekstrine kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir. Ancak yapılan bu çalışmada ve literatürdeki yayınlarda kullanılan proteinler ve proteinlerin yüzey aktiviteleri arasındaki mevcut farklar toz ürün veriminde farklılığa neden olmuş olabilir (Bos and van Vliet, 2001; Jayasundera et al., 2009). Ayrıca peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının hepsi kollektörde toplanmadığı için, kurutma kabininde, borularda ve siklon seperatörde kalan tozlar etkin olarak toplanamamış olabilir. Yapılan bu çalışmada, havuç suyunun suda çözünür kuru madde içeriği seçilen kuru madde içeriklerine kurutma ajanlarının ilavesiyle yükseltilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde proteinlerin tek başına ya da diğer kurutma ajanlarıyla birlikte çok az miktarlarda (%0.5-%10) eklendiği görülmektedir. Fazla miktarda protein ilavesi sonuçları olumsuz yönde etkileyerek yapışma problemine neden olmuş olabilir. Buna ek olarak, kullanılan peynir altı suyu tozunun protein içeriği de toz ürün verimini etkilemiş olabilir. Ayrıca kullanılan peynir altı suyu tozunun laktoz oranı literatürde kullanılan peynir altı suyu tozlarından daha yüksek olabilir.

Maltodekstrin ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları çoğunlukla kollektörden toplanırken yaklaşık %10-15'ik bir miktar, kurutma kabininde ve/veya siklon seperatörden toplanmıştır. Ancak peynir altı suyu tozu içeren tozlar daha yapışkan bir davranış sergilemiş ve yaklaşık %50'si kurutma kabininden ve siklon seperatörden diğer kısmı ise kollektörden toplanmıştır. Kurutma kabininde ve siklon seperatörde kalan tozlar bir fırça yardımıyla toplanmıştır. Filtre kağıdına toplanan havuç suyu tozları oda sıcaklığına soğutularak tartılmış ve alüminyum polietilen (ALPE) ambalaj malzemesiyle

ambalajlanarak analizlere dek desikatörün içinde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Bhandari et al. (1997), kurutma işleminin verimli olarak kabul edilebilmesi için siklon seperatörden elde edilen toz veriminin %50'nin üzerinde olması gerektiğini belirtmiştir. Havuç suyu tozlarının verimi incelendiğinde maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının verimlerinin sırasıyla %53.99-84.31, %42.95-78.50 ve %62.43-85.48 arasında değiştiği gözlenmiştir. Belirtilen sınırın (%50) altındaki değerler sadece 12 ve 16°Briks kuru madde içeriğine sahip peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarında gözlenmiştir. Maltodekstrin ve gam Arabik ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının kurutma işlemi verimli olarak değerlendirilebilir.

Şahin-Nadeem et al. (2011) yaptıkları çalışmada dağ çayının sulu ekstraktını farklı kurutma ajanları ile (β-siklodekstrin (BCD), gam Arabik (AG) ve maltodekstrin (MD19 ve MD12) püskürtmeli kurutucuda kurutmuş (145, 155 ve 165°C hava giriş sıcaklığı, 75°C hava çıkış sıcaklığı) ve hava giriş sıcaklığı 145°C'den 165°C'ye yükseldiğinde toz ürün veriminin yetersiz kurumadan kaynaklı yapışmaya bağlı olarak %13 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, en yüksek verimin 12DE maltodekstrin içeren ekstraktlardan (%34.99) elde edildiğini, bunu sırasıyla β-siklodekstrin (%33.07), 19DE maltodekstrin (%32.95) ve gam Arabik (%32.11) içeren ekstraktların takip ettiğini belirtmişlerdir. Ek olarak, kurutma ajanı konsantrasyonundaki artışın verimi arttırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, Chegini and Ghobadian (2007), hava giriş sıcaklığındaki artışa bağlı olarak portakal suyunun toz ürün veriminin azaldığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; hava giriş ve/veya çıkış sıcaklığının verim üzerinde negatif (Papadakis et al., 2006; Avila et al., 2015) ve pozitif (Ho et al., 2015; Muzaffar and Kumar, 2015; Tonon et al., 2008; Fazaeli et al., 2012) etkisinin gözlemlendiği pekçok çalışma mevcuttur. Araştırmacılar yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ısı ve kütle transfer hızının yüksek olması nedeniyle yüksek verim elde edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Fazaeli et al.

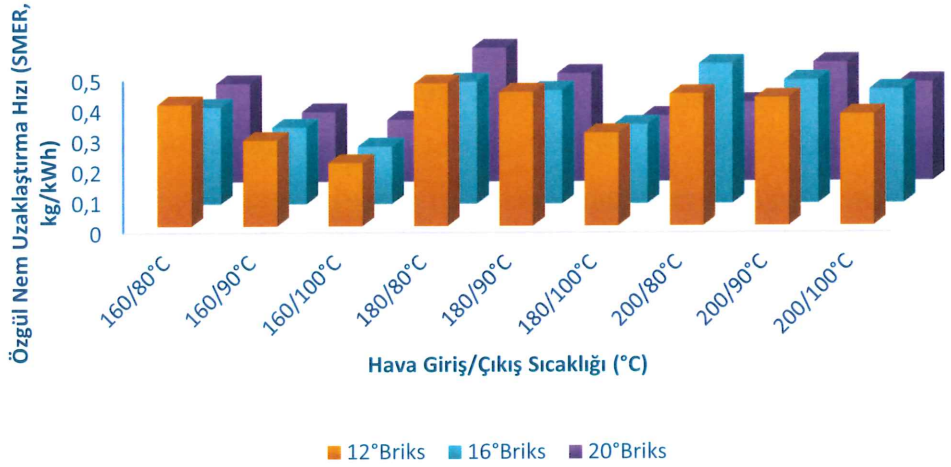
(2012), yüksek sıcaklıkların yeterli kurumayan partiküllerin kurutma kabinine çarpma ihtimalini azalttığını belirtmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda ise, hava giriş ve çıkış sıcaklığının toz ürün verimi üzerine belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Chong and Wong et al., 2015, Can Karaca et al., 2016). Belli bir hava giriş sıcaklığına kadar verimin yükseldiği, bu durumun partikülün sıcaklığıyla ve camsı geçiş sıcaklığı arasındaki farkla ilgili olduğunu belirtilmiştir. Sıcaklık farkı yüksek olduğunda, partikül sıcaklığı hızla camsı geçiş sıcaklığının üzerine yükselmekte ve yapışkanlık problemi ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan ise, sıcaklık farkı az olduğunda, yeterli kuruyamamadan kaynaklı kurutma kabini duvarlarında yapışma problemi nedeniyle verim düşüşü gözlenebilmektedir.

4.2.3 Püskürtmeli Kurutucunun Enerji Verimliliği

Gıdaların kurutulmasında amaç, minimum düzeyde kalite ve besin kaybıyla maksimum düzeydeki suyu minimum enerji kullanımı ile uzaklaştırmaktır. Kurutma işleminin kullanıldığı üretimlerde, kurutma maliyeti toplam maliyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu amaçla kurutma işleminde enerjiyi verimli bir şekilde kullanarak enerji tasarrufu sağlamak oldukça önemlidir (Gürlek ve ark., 2015). Püskürtmeli kurutma işlemi sırasında beslenen sıvıdan suyun buharlaştırılması için gereken latent ısının yüksek oluşuna bağlı olarak enerji tüketimi oldukça yüksektir. Bu nedenle, püskürtmeli kurutma işleminin enerji verimliliğinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Püskürtmeli kurutma işleminde enerji tüketimini, işlem parametrelerinin (hava giriş ve çıkış sıcaklığı, atomizör hızı ve/veya basıncı) ve besleme koşullarının (konsantrasyon, akış hızı) etkilediği belirtilmiştir. Kurutma işleminin ısıl enerjisi genellikle özgül enerji tüketimi (SEC, birim suyu uzaklaştırmak için gereken ısı miktarı) terimiyle ifade edilmektedir. Düşük özgül enerji tüketimi değerleri kurutma işleminin enerji verimliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Baker and McKenzie, 2005). Kurutma işlemi boyunca püskürtmeli kurutucunun enerji tüketimi cihaza bağlı elektrik sayacı ile ölçülmüş, özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh), nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h) ve özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg) değerleri hesaplanmıştır.

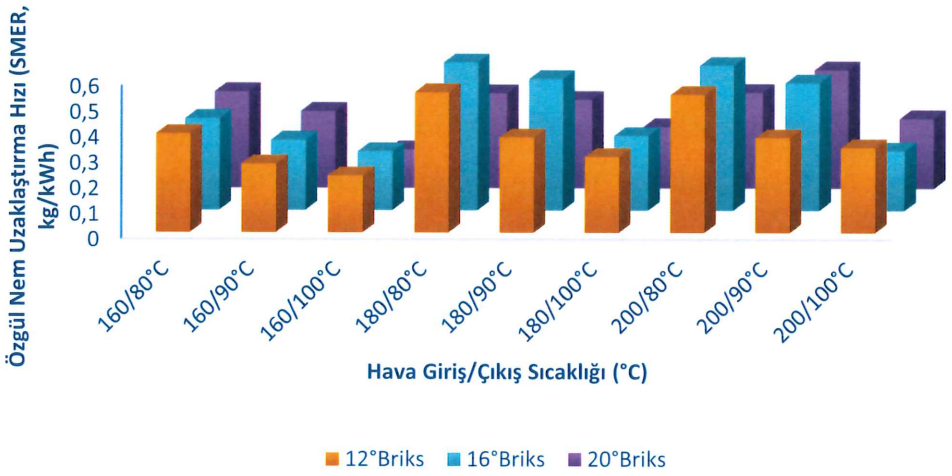
4.2.3.1. Özgül Nem Uzaklaştırma Hızı

Kurutucuların enerji verimliliği genellikle özgül nem uzaklaştırma hızı (Specific Moisture Extraction Rate (SMER)) ile belirlenmekte olup; birim kWh enerji başına üründen uzaklaştırılan su miktarını ifade etmektedir (kg/kWh) (Gürlek ve ark., 2015). Farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının püskürtmeli kurutma işlemi için hesaplanan özgül nem uzaklaştırma hızı değerleri Şekil 4.49-4.51'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-30'da gösterilmiştir.



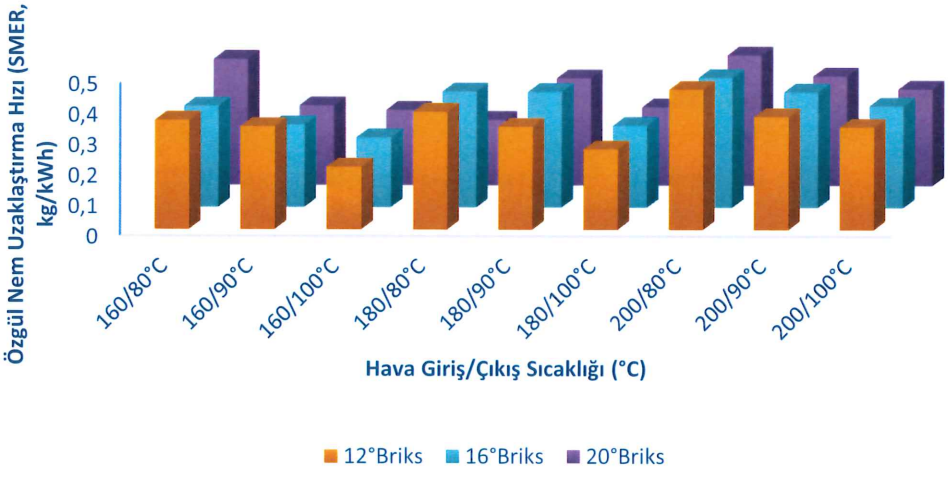
Şekil 4.49. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh)

Şekil 4.49 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı değerinin genel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığının özgül nem uzaklaştırma hızı değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, hava giriş sıcaklığındaki artışın nem uzaklaştırma hızı değerini arttırdığı söylenebilir.



Şekil 4.50. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/ kWh)

Şekil 4.50 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı değerinin genel olarak önemli ölçüde azaldığı, ancak hava giriş sıcaklığına bağlı genel olarak arttığı görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.51. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER, kg/kWh)

Şekil 4.51 incelendiğinde, hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonundaki artışın gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül nem

uzaklaştırma hızı değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı, hava giriş sıcaklığındaki artışın ise arttırdığı görülmektedir ($p<0.05$).

Farklı konsantrasyonlarda kurutma ajanı içeren havuç suyu tozlarının püskürtmeli kurutucuda kurutulması için hesaplanan özgül nem uzaklaştırma hızı değerlerinin; her üç kurutma ajanı için de benzer bir eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Artan kurutma ajanı konsantrasyonu ve hava çıkış sıcaklığı özgül nem uzaklaştırma hızının istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azalmasına neden olurken, artan hava giriş sıcaklığı ise özgül nem uzaklaştırma hızını istatistiksel olarak önemli oranda arttırmıştır ($p<0.05$). Beslemenin kuru madde içeriği arttıkça, üründen uzaklaşan su miktarı azalmakta, bu durum özgül nem uzaklaştırma hızının azalmasına neden olmaktadır.

Hava giriş sıcaklığı arttıkça, besleme akış hızı genel olarak artmakta buna bağlı olarak ürün daha kısa sürede beslenmekte ve enerji tüketimi azalmaktadır. Bu durum, özgül nem uzaklaştırma hızının artmasını sağlamaktadır.

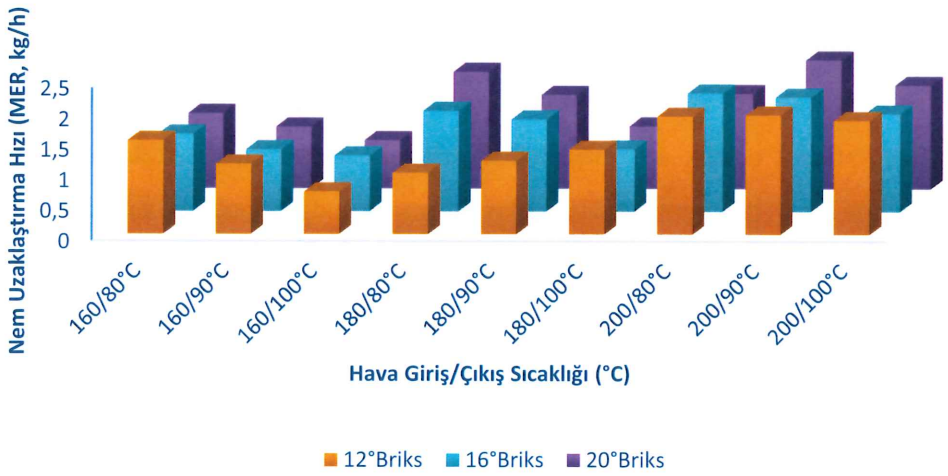
Kullanılan püskürtmeli kurutucuda hava çıkış sıcaklığı, beslemenin akış hızı ile kontrol edilmekte ve yüksek hava çıkış sıcaklıklarına ulaşmak için besleme düşük hızlarda beslenilmektedir. Bu nedenle, artan hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak meydana gelen besleme akış hızındaki azalış (Çizelge 3.4-3.6) kuruma süresinin uzamasına, dolayısıyla enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Enerji tüketimindeki artış ise; özgül nem uzaklaştırma hızının azalmasına neden olmaktadır.

Maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül nem uzaklaştırma hızı değerleri sırasıyla 0.19-0.47kg/kWh, 0.152-0.57kg/kWh ve 0.21-0.46kg/kWh arasında değişmiştir. Maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ortalama özgül nem uzaklaştırma hızı değerleri 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içerikleri için sırasıyla; 0.369, 0.337 ve 0.305kg/kWh, 0.373,0.396 ve 0.323kg/kWh ve 0.341, 0.334 ve 0.317kg/kWh olarak hesaplanmıştır.

4.2.3.2. Nem Uzaklaştırma Hızı

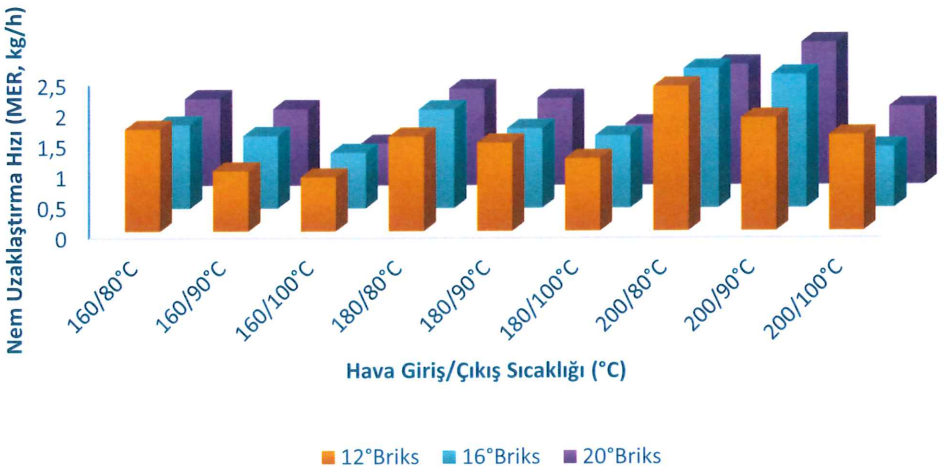
Nem uzaklaştırma hızı; kurutucudan birim zamanda (h) uzaklaştırılan nemin miktarı (kg) olarak tanımlanmaktadır (Moisture Extraction Rate (MER) (Gürlek ve

ark., 2015). Farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının püskürtmeli kurutucuda kurutulması işlemi için hesaplanan nem uzaklaştırma hızı değerleri Şekil 4.52-4.54'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-30'da verilmiştir.



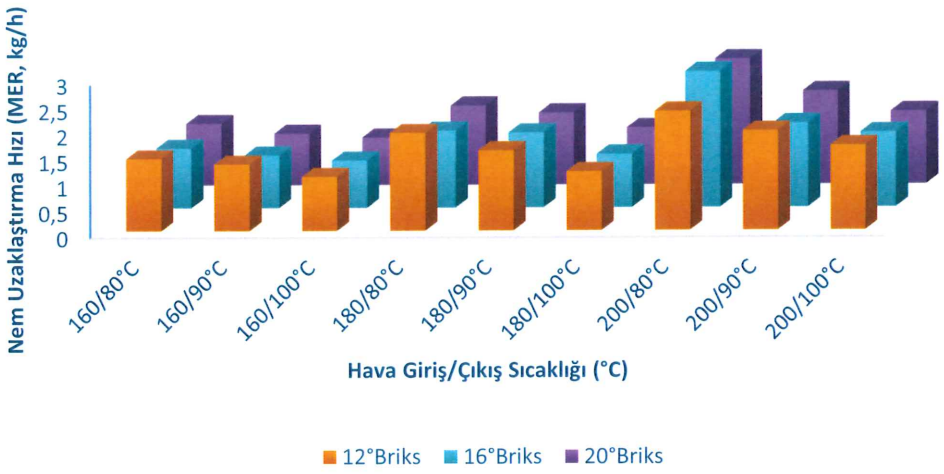
Şekil 4.52. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h)

Şekil 4.52 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı değerinin genel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığının nem uzaklaştırma hızı değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, hava giriş sıcaklığındaki artışın nem uzaklaştırma hızı değerini arttırdığı (12°Briks, 80°C'ta ve 20°Briks 80°C'ta kurutulan maltodekstrin içeren havuç suları hariç) söylenebilir.



Şekil 4.53. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h)

Şekil 4.53 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı değerinin genel olarak önemli ölçüde azaldığı, ancak hava giriş sıcaklığına bağlı genel olarak arttığı görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.54. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı (MER, kg/h)

Şekil 4.54 incelendiğinde, hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonundaki artışın gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem

uzaklaştırma hızı değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı, hava giriş sıcaklığındaki artışın ise arttırdığı görülmektedir ($p<0.05$).

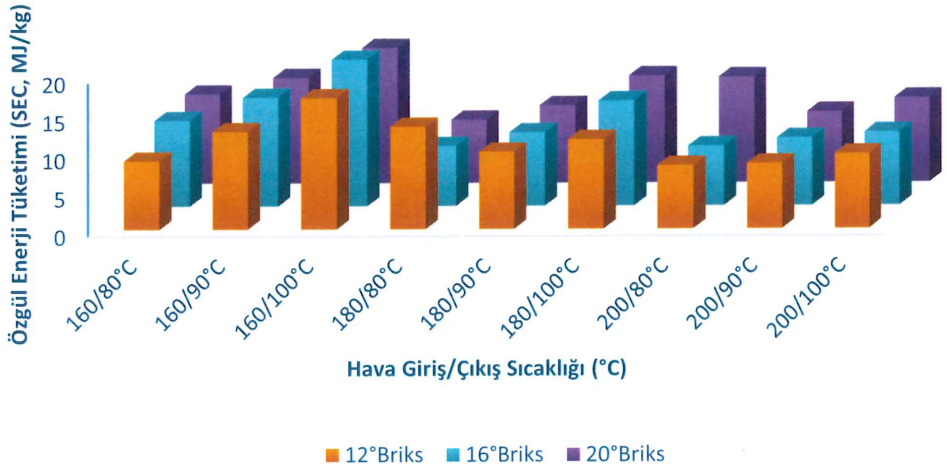
Nem uzaklaştırma hızı değerlerinin her üç kurutma ajanı için de benzer bir eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Özgül nem uzaklaşma hızı sonuçlarına benzer bir şekilde, artan hava çıkış sıcaklığı nem uzaklaştırma hızının istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azalmasına neden olurken, artan hava giriş sıcaklığı nem uzaklaştırma hızını istatistiksel olarak önemli oranda arttırmıştır ($p<0.05$).

Beslemenin kuru madde içeriği arttıkça, üründen uzaklaşan su miktarı azalmakta, bu durum nem uzaklaştırma hızının azalmasına neden olmaktadır. Hava giriş sıcaklığı arttıkça, besleme akış hızı genel olarak artmış buna bağlı olarak ürün daha kısa sürede beslenmiş ve bunun sonucunda ise nem uzaklaştırma hızı artmıştır. Kullanılan püskürtmeli kurutucuda hava çıkış sıcaklığı, beslemenin akış hızı ile kontrol edilmekte ve yüksek hava çıkış sıcaklıklarına ulaşmak için besleme düşük hızlarda beslenilmektedir (Çizelge 3.4-3.6). Düşük besleme akış hızları kuruma süresinin uzamasına neden olmakta ve nem uzaklaşma hızı düşmektedir.

Maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem uzaklaştırma hızı değerleri sırasıyla 0.70-2.11kg/h, 0.69-2.37kg/h ve 0.94-2.67kg/h arasında değişmiştir.

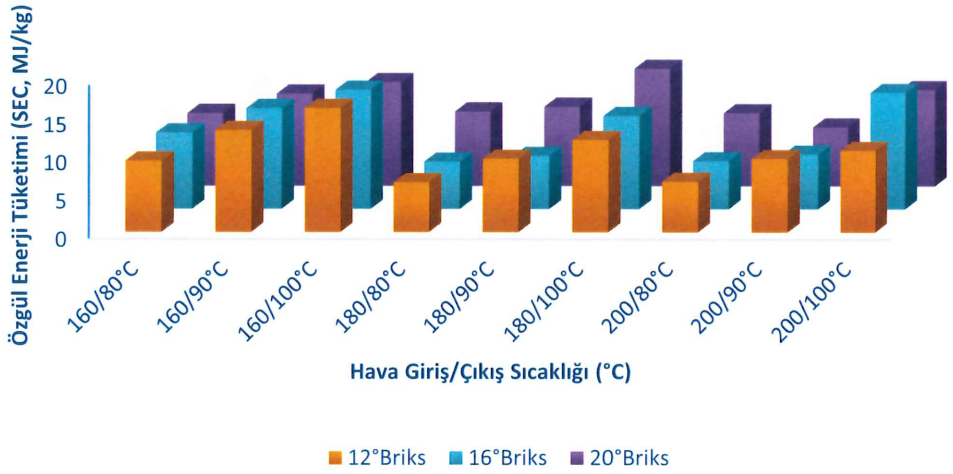
4.2.3.3. Özgül Enerji Tüketimi

Özgül enerji tüketimi; kurutma işlemi sırasında, örneklerden birim miktarda (kg) suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı (MJ) olarak ifade edilmektedir (Gürlek ve ark., 2015). Farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında püskürtmeli kurutucuda kurutulması için hesaplanan özgül enerji tüketimi değerleri Şekil 4.55-4.57'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) EK-30'da verilmiştir.



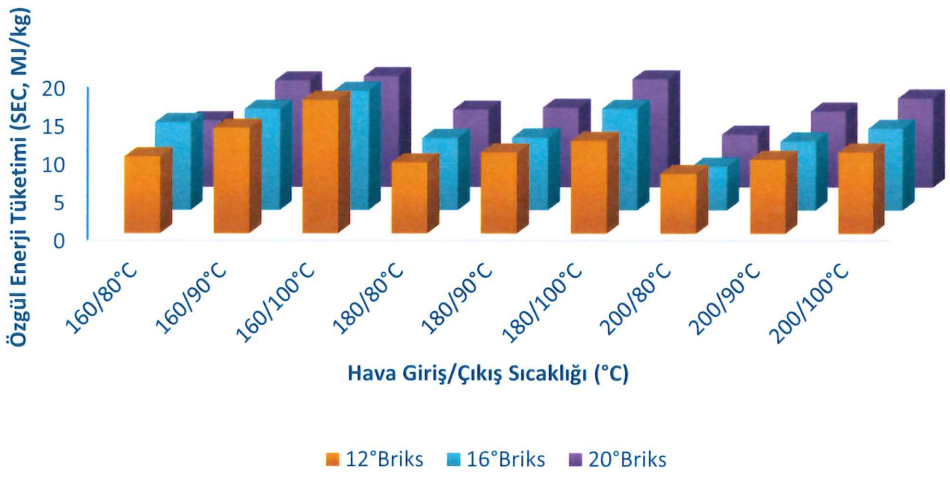
Şekil 4.55. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg)

Şekil 4.55 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının (12°Briks, 180°C'ta ve 20°Briks 200°C'ta kurutulan maltodekstrin içeren havuç suları hariç) özgül enerji tüketimi değerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığının özgül enerji tüketimi değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, genel olarak hava giriş sıcaklığındaki artışın özgül enerji tüketimi değerini azalttığı söylenebilir.



Şekil 4.56. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg)

Şekil 4.56 incelendiğinde, artan hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonuna bağlı olarak peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının (20°Briks 200°C'ta kurutulan havuç suları hariç) özgül enerji tüketimi değerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı, ancak hava giriş sıcaklığına bağlı olarak azaldığı görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.57. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının kurutulmasında kullanılan püskürtmeli kurutucunun özgül enerji tüketimi (SEC, MJ/kg)

Şekil 4.57 incelendiğinde, hava çıkış sıcaklığı ve besleme konsantrasyonundaki artışın gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül enerji tüketimi değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde arttırdığı ancak, hava giriş sıcaklığındaki artışın ise azalttığı görülmektedir ($p<0.05$).

Özgül enerji tüketimi değerlerinin; her üç kurutma ajanı için de benzer bir eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Özgül enerji tüketimi, özgül nem uzaklaşma hızı ve nem uzaklaşma hızının davranışına ters bir şekilde; artan kurutma ajanı konsantrasyonu ve hava çıkış sıcaklığı özgül enerji tüketiminin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artmasına neden olurken, artan hava giriş sıcaklığı özgül enerji tüketimi değerini istatistiksel olarak önemli oranda azaltmıştır ($p<0.05$).

Kurutma ajanı ilavesiyle, beslemenin kuru madde içeriği belirlenen değerlere yükseltilmiş, uzaklaşan su miktarı azalmış ve buna bağlı olarak özgül enerji tüketimi değeri artmıştır.

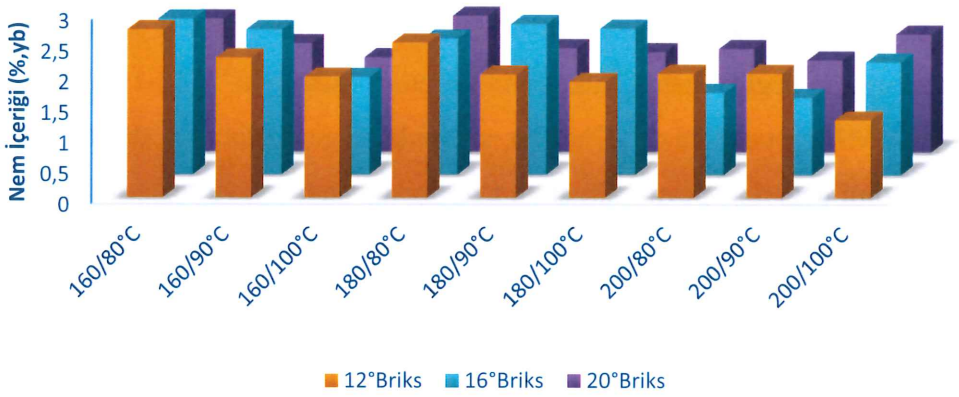
Maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının özgül enerji tüketimi değerleri sırasıyla 7.86-19.21MJ/kg, 6.21-16.25MJ/kg ve 5.75-17.47MJ/kg arasında değişmiştir. En düşük özgül enerji tüketimi değerleri peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarında gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin, peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının besleme akış hızının diğerlerine göre genel olarak daha yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Çizelge 3.4-3.6). Besleme hızındaki artış, kurutma işlem süresinin kısaltmıştır. Buna bağlı olarak cihazın çalışma süresi azalmış enerji tüketimi değeri de azalmıştır. Sonuç olarak spesifik özgül enerji tüketimi azalmıştır. Hesaplanan değerler püskürtmeli kurutucular için belirlenen spesifik özgül enerji tüketimi değer aralığı olan 3 ile 20MJ/kg su aralığında yer almaktadır (Baker and McKenzie, 2005).

Masters (1985) özgül enerji tüketimi değerinin artan hava giriş sıcaklığı ve hava giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlarda da artan hava giriş sıcaklığıyla özgül enerji tüketimi değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin, artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak, besleme akış hızında artış meydana geldiğinden kuruma süresinin kısalmasına bağlı olarak daha az enerji tüketimi olduğu düşünülmektedir.

Hava çıkış sıcaklığı, beslemenin akış hızı ile kontrol edilmekte ve yüksek hava çıkış sıcaklıklarına ulaşmak için besleme düşük hızlarda beslenilmektedir. Bu nedenle, artan hava çıkış sıcaklığına bağlı meydana gelen besleme akış hızındaki azalış (Çizelge 3.4-3.6) kuruma süresinin uzamasına, dolayısıyla enerji tüketiminde artışa neden olmaktadır. Enerji tüketimindeki artış ise; özgül enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır.

4.2.4 Havuç Suyu Tozlarının Nem İçeriği (%, yaş bazlı)

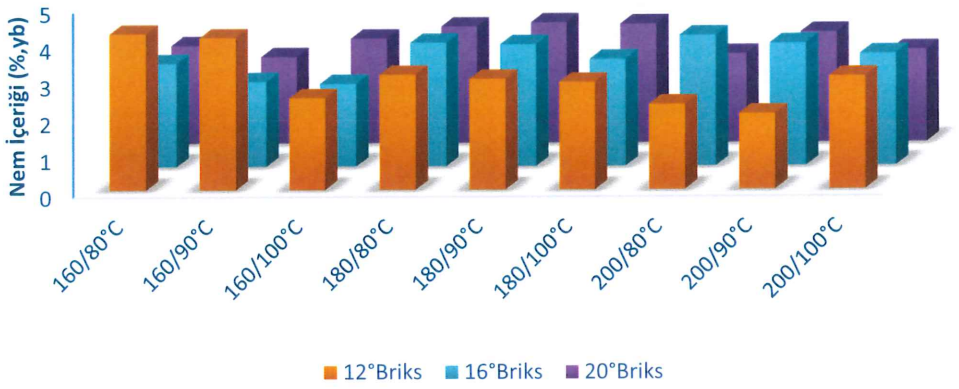
Nem içeriği toz ürünlerin stabilitesi ve depolanma süresinin belirlenmesi için önemli bir parametredir. Farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.58-4.60'ta, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-31'de verilmiştir.



Şekil 4.58. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb)

Şekil 4.58 incelendiğinde hava giriş ve çıkış sıcaklığı ve kurutma ajanı konsantrasyonundaki artışın, havuç suyu tozlarının nem içeriğini genellikle istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı görülmektedir ($p<0.05$). Ancak, 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan havuç suyu tozlarının nem içeriği gerek kurutma ajanı konsantrasyonu, gerekse hava çıkış sıcaklığındaki artışta bağlı olarak önce azalmış sonra ise artmıştır. Bu durumun yüksek konsantrasyonlu beslemelerde damlacıkların sıcak hava ile yeterli oranda temas edememesine ya da yüksek molekül ağırlıklı kurutma ajanları arasından kolayca geçerek buharlaşamamasına

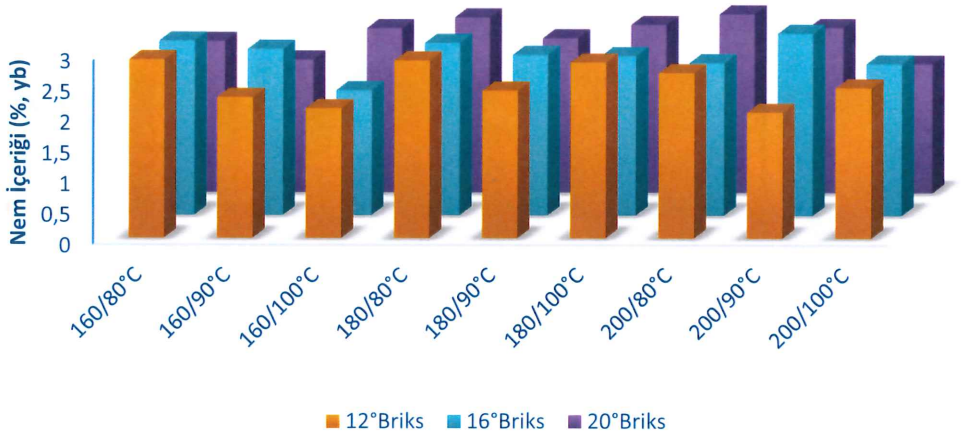
bağlı olarak nemli kalması ya da ani kurumadan kaynaklı nemin uzaklaşamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği %1.26 (200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 16°Briks kuru madde içeriği) ile %2.74 (160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 12°Briks kuru madde içeriği) arasında değişmiştir.



Şekil 4.59. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb)

Şekil 4.59 incelendiğinde hava çıkış sıcaklığındaki artışın, havuç suyu tozlarının nem içeriğini genellikle istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı görülmektedir ($p<0.05$). Ancak, farklı hava giriş sıcaklıkları ve kurutma ajanı konsantrasyonlarının havuç suyu tozlarının nem içeriği üzerindeki etkisinin belirgin bir eğilimi saptanamamıştır. Hava çıkış sıcaklığı 100°C'de sabit tutulduğunda genellikle hava giriş sıcaklığındaki artış nem içeriğinde artışa neden olmuştur. Bu durumun yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ani buharlaşmadan kaynaklı kabuk oluşumuna bağlı olarak nemin uzaklaşamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kurutma ajanı konsantrasyonu artıkça 160°C hava giriş sıcaklığına kurutulan tozların nem içeriği genel olarak azalırken, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulanların önce artıp sonra azalmıştır. Bu durumun kurutma ajanı konsantrasyonu artıkça, artan kuru madde miktarına bağlı olarak buharlaşan su miktarının azalmasına bağlı olarak, yüksek oranda buharlaşma gerçekleşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği maltodekstrin içerenlere kıyasla daha

yüksek bulunmuş ve %2.25 (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 16°Briks kuru madde içeriği) ile %4.25 (160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 12 °Briks kuru madde içeriği) arasında değişmiştir. Bu durumun nedeninin proteinlerin hidrofilik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca proteinlerin yüksek su tutma kapasitesi de daha nemli havuç suyu tozlarının oluşmasına neden olmuş olabilir.



Şekil 4.60. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği (%, yb)

Şekil 4.60 incelendiğinde hava çıkış sıcaklığındaki artışın gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğini genellikle istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı görülmektedir ($p<0.05$). Kurutma ajanı konsantrasyonu artıkça genel olarak nem içeriği önce artmış sonra ise azalmıştır. Hava çıkış sıcaklığı 100°C'de sabit tutulduğunda genellikle hava giriş sıcaklığındaki artış nem içeriğinde önce artışa sonra ise azalışa neden olmuştur. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği maltodekstrin içerenlere kıyasla daha yüksek, peynir altı suyu tozu içerenlere kıyasla ise daha düşük bulunmuştur.

Nurhadi et al. (2012) yaptıkları çalışmada, maltodekstrin (20DE) ve gam Arabik katkılı balı (%50 ağırlıkça) püskürtmeli (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) ve vakum kurutucuda (60°C) kurutmuşlar ve püskürtmeli kurutucuda maltodekstrin (%2.3, yb) ile kurutulan balların nem içeriğinin gam Arabik (%4.4, yb) ile kurutulanlara göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Gabas et al. (2007) yaptıkları çalışmada maltodekstrin içeren ananas püresi tozlarının nem içeriğinin

gam Arabik içerenlere göre daha düşük olduğunu bu durumun kullanılan kurutma ajanlarının hidrofilik ve hidrofobik yapısından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Bae and Lee (2008) yaptıkları çalışmada avokado yağını sadece peynir altı suyu izolatı (WPI, %97 protein) ve peynir altı suyu izolatı-maltodekstrin karışımı (MD, 5DE, 90:10, 50:50 and 10:90 ağırlıkça) ile püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve maltodekstrin miktarı artıkça nem içeriğinin arttığını ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir.

Bhusari et al. (2014) yaptıkları çalışmada Hint hurmasını su ile ekstrakte etmişler ve ekstrakta farklı oranlarda maltodekstrin (20D; %40, %50 ve %60), gam Arabik (%40, %50 ve %60) ve peynir altı protein konsantresi (protein içeriği %70) ilave edip saf suyla sulandırarak besleme suda çözünür kuru madde içeriğini 20°Briks'e standardize ederek püskürtmeli kurutucuda 180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutmuşlardır. Maltodekstrin ve gam Arabik içeren Hint hurması tozların nem içeriklerinin artan konsantrasyona bağlı olarak azaldığını, bu durumun beslemenin kuru madde içeriğindeki artışın buharlaşan su miktarında azalmaya neden olmasıyla ilişkili olduğundan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ancak, peynir altı protein konsantresi ile üretilen tozların nem içeriğinin artan konsantrasyona bağlı olarak artığını, bu durumun ise; amorf yapıdaki proteinlerin yüksek su tutma kapasitesine sahip olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Du et al. (2014) yaptıkları çalışmada Trabzon hurması püresini farklı oranlarda (%) kurutma ajanları (maltodekstrin (14-16DE; %25 ve %45), gam Arabik (%20 ve %30), nişasta (%20 ve %30), peynir altı suyu tozu konsantresi (WPC80; %20 ve %25) ve yumurta albümini (%5 ve %10)) kullanarak püskürtmeli kurutucuda (110/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 25rpm besleme akış hızı, 0.2Mpa kompresör hava basıncı) kurutmuşlar ve elde edilen toz ürünün nem içeriğinin %2.76 ile %4.64 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. En düşük nem içeriğine maltodekstrin (%45) ve nişasta (%30) içeren tozlarda ulaşıldığını, en yüksek nem içeriği ise peynir altı suyu tozu konsantresi (%25) ve yumurta albümini (%10) içeren tozlarda gözlendiğini belirtmişlerdir. Nem içeriğindeki farklılıkların kullanılan kurutma ajanlarının kimyasal yapısındaki farklılıklardan oluşabileceğini;

proteinlerin polisakkaritlere göre daha hidrofilik olduğunu belirtmişlerdir. Gam Arabiğin ise dallanmış yapısıyla kompleks bir heteropolisakkarit olup kısa zincirler içerdiğinden maltodekstrin ve nişastaya göre daha hidrofilik bir yapıya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada da bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

Kullanılan her üç kurutma ajanı için de hava çıkış sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının nem içeriğinin genellikle istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Bu durumun nedeninin, hava çıkış sıcaklığı arttıkça besleme akış hızının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıvı besleme daha yavaş beslenmekte ve sıcak hava ile daha uzun süre temas etmektedir. Böylece ısı ve kütle transferi etkin olarak gerçekleşebilmekte ve havuç sularından yeterli miktarda su uzaklaşabilmektedir. Benzer bir şekilde Goula ve Adamopoulos (2010) ve Tonon et al. (2008), yüksek besleme akış hızında yeterli ısı ve kütle transferi olmadığından portakal suyu ve açai püresinin nem içeriğinin besleme akış hızındaki artışla olumsuz olarak etkilendiğini belirtmişledir.

Yüksek sıcaklıklarda, yüksek sıcaklık gadiyentine bağlı olarak ısı ve kütle transferi yüksek oranda gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmada hava sıcaklığındaki artış toz ürünlerin nem içeriğinde genel olarak azalışa ya da önce azalış sonra artışa neden olmuştur. Frascareli et al. (2012), 175°C'nin üzerindeki hava giriş sıcaklıklarında kabuk oluşumuna bağlı olarak nem içeriğinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Partikül yüzeyinde oluşan kabuk suyun difüzyonu engelleyerek, buharlaşmayı önlemekte ve yüksek nem içerikli toz ürünler oluşmaktadır. Benzer bir şekilde 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan havuç sularının nem içeriği genellikle yüksek bulunmuştur. Bu durumun nedeninin kabuk oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

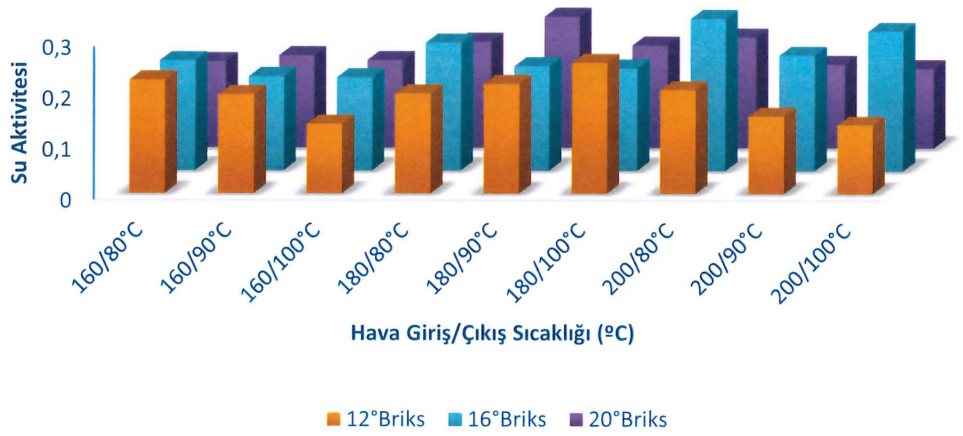
4.2.5 Havuç Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değeri

Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri sırasıyla Şekil 4.61-4.63'te, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-31'de verilmiştir.



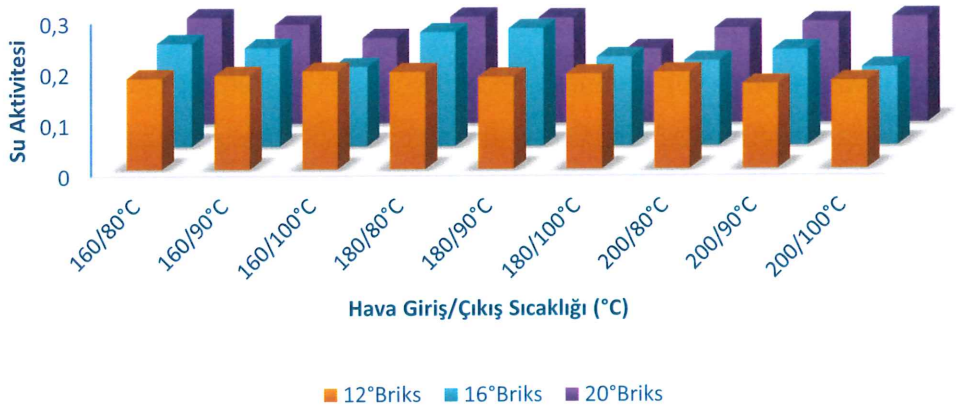
Şekil 4.61. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri

Şekil 4.61 incelendiğinde nem içeriği sonuçlarına benzer bir şekilde en yüksek su aktivitesi değerinin 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında üretilen havuç suyu tozlarında olduğu görülmektedir. Sabit hava giriş sıcaklığında genel olarak hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak su aktivitesi değerinin azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Ancak, özellikle 20°Briks kuru madde içeriğine sahip 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinin hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak azaldığı sonra ise arttığı görülmektedir. Bu durumun yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ani kuruma sonucunda kabuk oluşumuna bağlı olarak nemin buharlaşamaması ve daha nemli tozun oluşmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak ürünün besleme akış hızı artmakta ve beslemenin sıcak hava ile temas süresi kısalmaktadır. Bu durumun da havuç sularından yeterli miktarda su uzaklaşmamasına neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri 0.157 (200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 20°Briks) ile 0.240 (160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 12°Briks) arasında değişmiştir. Hava giriş sıcaklığı arttıkça genel olarak su aktivitesi değerinin azaldığı görülmüştür. Besleme konsantrasyonu arttıkça 160°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan havuç suyu tozlarının genel olarak su aktivitesi değerinin önce azaldığı; 180°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulanların ise genellikle önce artıp sonra azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.62. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri

Şekil 4.62 incelendiğinde havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinin genel olarak artan hava giriş ve çıkış sıcaklığıyla azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri 0.135 (200/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 12°Briks) ile 0.299 (200/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 16°Briks) arasında değişmektedir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarına benzer bir şekilde peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değeri 0.3'ün altında olmakla birlikte; maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarına kıyasla daha düşüktür. Bu durumun peynir altı suyu tozunun su aktivitesi değerinin maltodekstrinden daha düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kurutma ajanı konsantrasyonunun peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozları üzerinde etkisi incelendiğinde genel olarak konsantrasyon artışına bağlı su aktivitesi değeri azalmakla birlikte, 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinin artan kurutma ajanı konsantrasyonuyla önce arttığı sonra ise azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.63. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerleri

Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerlerinin 0.146 (180/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 20°Briks) ile 0.231 (180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 16°Briks) arasında değiştiği görülmektedir. Maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarına benzer bir şekilde gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinin 0.3'ün altında olduğu gözlenmiştir. Ancak gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değeri maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarına göre daha düşük bulunmuştur.

Havuç suları belirlenen °Briks değerlerine yükseltilmek amacıyla, kullanılan kurutma ajanının nem içeriği dikkate alınarak kütle denkliği yapılmış ve belirlenen miktarda kurutma ajanı havuç suyuna ilave edilmiş ve blenderle homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Gam Arabiğin nem içeriği yüksek olduğu için, havuç sularının istenen °Briks değerlerine ulaşabilmesi için diğer kurutma ajanlarına göre daha fazla miktarda ilave edilmiştir. İlave edilen fazla miktarda gam Arabiğin diğer kurutma ajanlarına oranla partiküllerin çevresini daha iyi sarmış olabileceği düşünülmektedir. Bu durumun gam Arabik içeren tozların su aktivitesi değerinin daha da düşük olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan kurutma ajanlarının kimyasal yapıları birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle toz ürünlerde farklı su aktivitesi değerlerine ulaşılmıştır. Tonon et al. (2009) ve Du et

al. (2014) farklı kimyasal yapıya sahip kurutma ajanlarının toz ürünlerin su aktivitesi değerindeki farklılıklara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

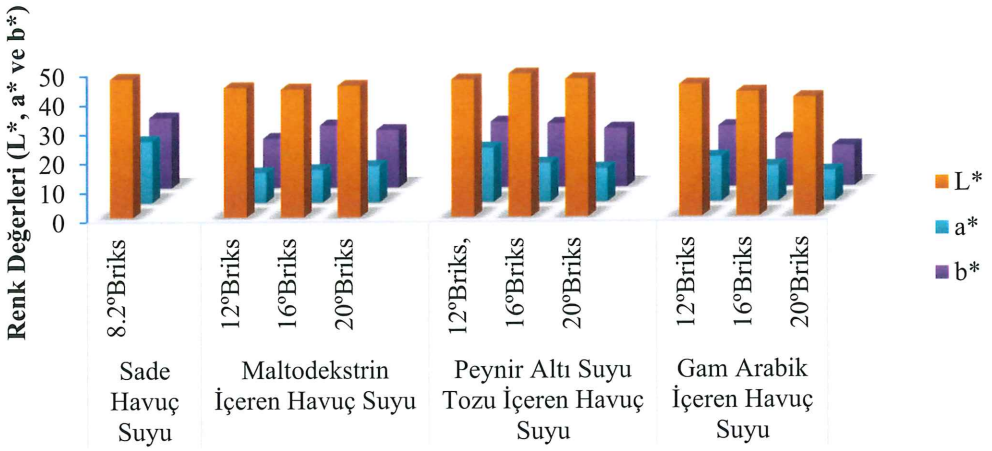
Havuç suyu tozlarının su aktivitesi değeri 0.3'ün altında bulunmuştur. Su aktivitesi değerinin 0.3'ün altında olması maltodekstrin, peynir altı suyu tozu veya gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının esmerleşme ve hidrolitik reaksiyonlar, lipid oksidasyonu, otooksidasyon vb. kimyasal reaksiyonlara, enzim aktivitesine karşı kararlı ve mikrobiyolojik olarak stabil olduğunu göstermektedir (Quek et al., 2007; Tonon et al., 2009; Ng et al., 2012).

Du et al. (2014) yaptıkları çalışmada Trabzon hurması püresini farklı oranlarda (%) kurutma ajanları (maltodekstrin (14-16DE; %25 ve %45), gam Arabik (%20 ve %30), nişasta (%20 ve %30), peynir altı suyu tozu konsantresi (WPC80; %20 ve %25) ve yumurta albümini (%5 ve %10)) kullanarak püskürtmeli kurutucuda (110/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 25rpm besleme akış hızı, 0.2Mpa kompresör hava basıncı) kurutmuşlar ve elde edilen toz ürünün su aktivitesi değerinin 0.195 (%45 maltodekstrin) ile 0.207 (%10 yumurta albümini) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Toz ürünlerin su aktivitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunmadığı ve kullanılan farklı kimyasal yapıdaki kurutma ajanlarının farklı su bağlama kapasitesi nedeniyle su aktivitesi değerinde farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Kingwatee et al. (2015) yaptıkları çalışmada *Lactobacillus casei* içeren liçi suyunu maltodekstrin (10.5DE) ve gam Arabik ilavesi ile püskürtmeli kurutucuda (150-170/60-90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 15psi atomizör basıncı, 0.6-1l/h besleme hızı) kurutmuşlar ve gam Arabik içeren liçi suyu tozlarının su aktivitesi değerinin (0.19) maltodekstrin içerenlerden (0.24) daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

4.2.6 Havuç Suyu ve Tozlarının Renk Değerleri

Sade havuç suyu ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanlarını içeren havuç sularının renk değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Şekil 4.64'te gösterilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları EK-32'de verilmiştir.

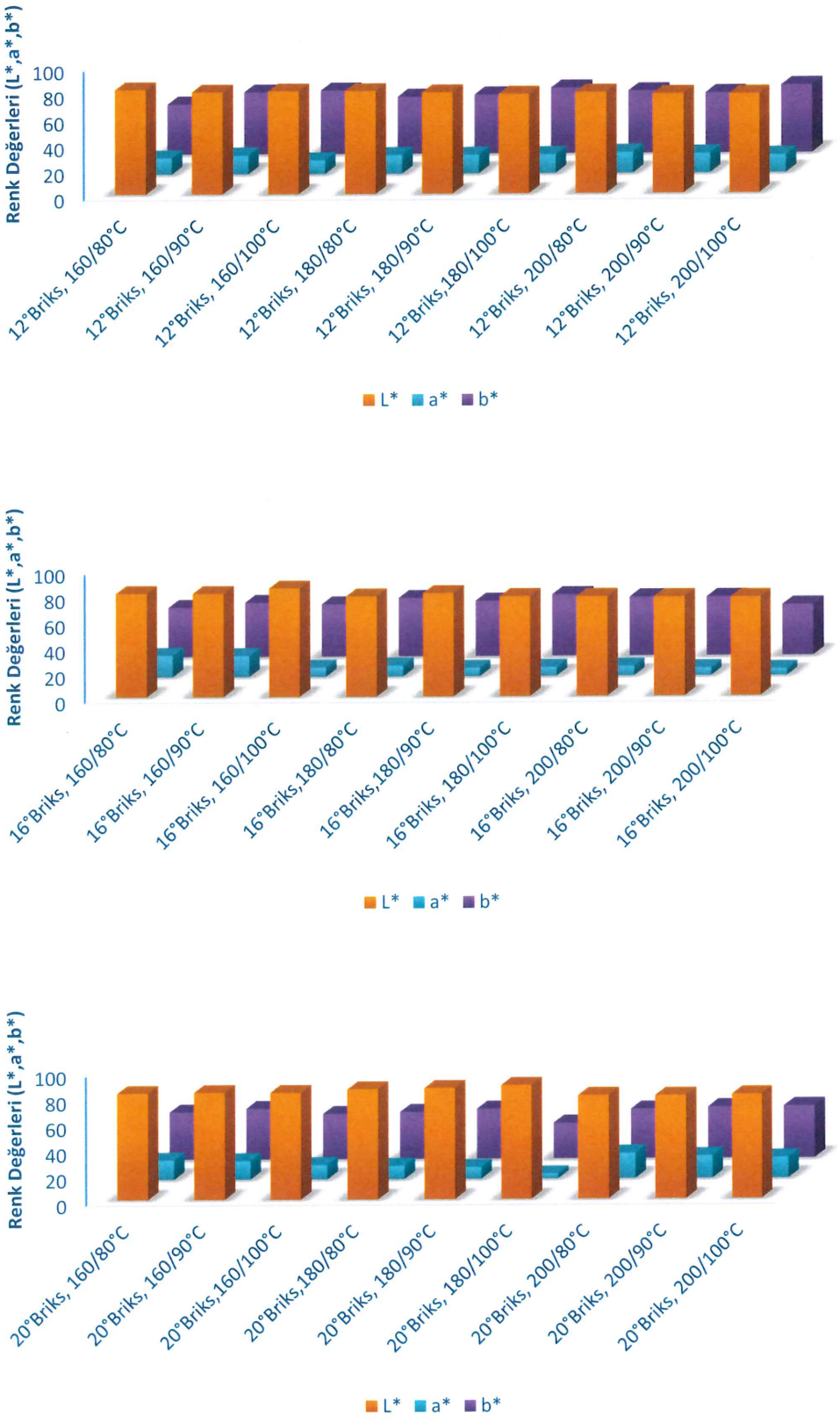


Şekil 4.64. Havuç sularının renk değerleri

Şekil 4.64 incelendiğinde kurutma ajanı ilavesinin havuç sularının renk değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalmaya neden olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Kurutma ajanı ilavesiyle havuç sularının parlaklık değerinin genel olarak azaldığı (16°Briks peynir altı suyu tozu içeren havuç suları hariç) görülmektedir. En yüksek parlaklık değerine sahip örneklerin peynir altı suyu tozu içeren örneklerin, en düşük parlaklık değerine sahip olanların ise gam Arabik içerenlerin olduğu görülmektedir. Maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç sularında konsantrasyon artışına bağlı olarak parlaklık değerinde meydana gelen düzenli bir değişim gözlenmezken; gam Arabik içeren havuç sularının konsantrasyon artışına bağlı olarak parlaklık değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana geldiği gözlenmiştir ($p<0.05$). Gam Arabik diğer kurutma ajanlarına kıyasla daha düşük parlaklık değerine sahip olduğu için, havuç suyuna eklendiğinde havuç sularında koyulaşmaya neden olmuştur.

Havuç sularının kırmızılık/yeşillik (a*) değeri incelendiğinde kurutma ajanı ilavesinin havuç sularının a* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde azalttığı görülmektedir ($p<0.05$). Ancak maltodekstrin ilavesi havuç suyuna kıyasla a* değerinde önemli bir düşüşe neden olsa da; konsantrasyon etkisinin a* değeri üzerine istatistiksel olarak bir etkisi olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik konsantrasyonuna bağlı olarak havuç sularının a* değerinde azalma meydana gelmiştir ($p<0.05$). En düşük a* değeri 12°Briks maltodekstrin içeren havuç suyunda, en yüksek a* değeri ise; 12°Briks peynir altı

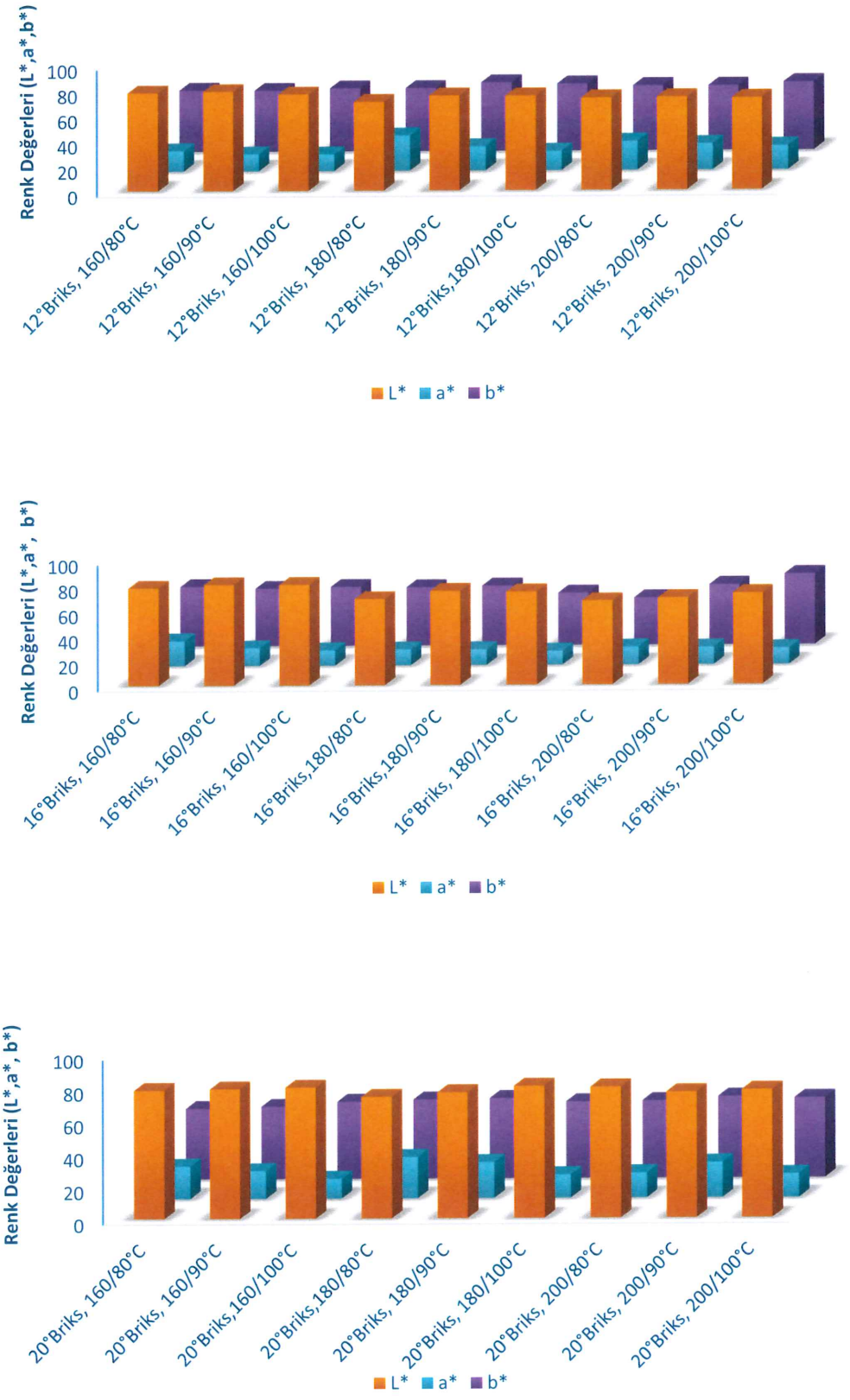
suyu tozu içeren havuç suyunda gözlenmiştir. Sarılık/mavilik (b*) değeri incelendiğinde ise; peynir altı suyu tozu ilavesinin havuç sularının b* değerinde çok az bir düşüşe neden olduğu, bu düşüşün 12 °Briks ve 16°Briks için istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Gam Arabik konsantrasyonu arttıkça b* değeri azalmıştır. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) kurutma ajanı içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri Şekil 4.65-4.67'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-33-35'te verilmiştir.



Şekil 4.65. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri

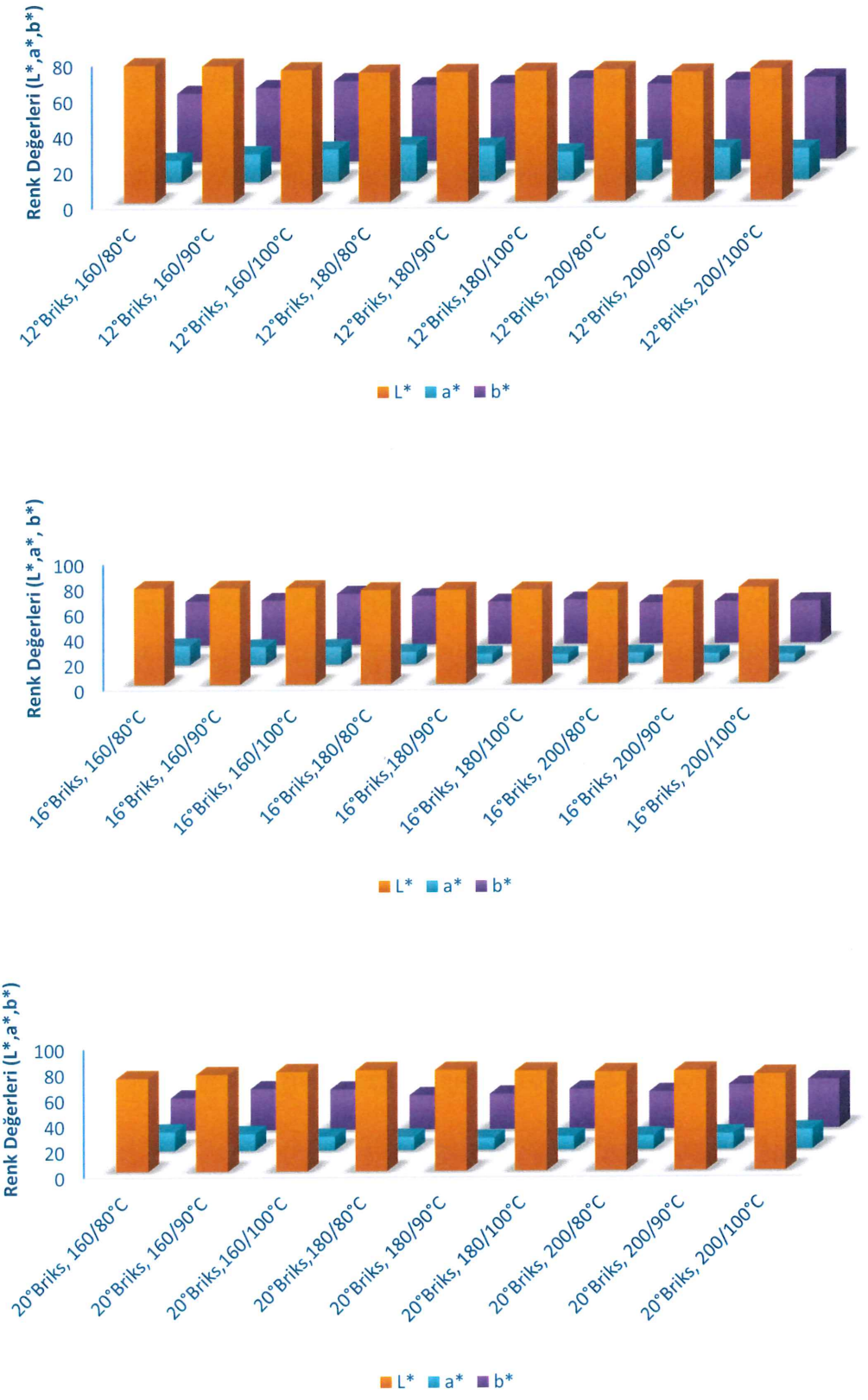
Şekil 4.65 incelendiğinde; hava giriş ve çıkış sıcaklığının ve maltodekstrin konsantrasyonunun havuç suyu tozlarının renk değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Genel olarak hava giriş ve çıkış sıcaklığı arttıkça L* değeri azalmıştır ($p<0.05$). Bu durumun sıcaklık etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda renk pigmentlerinde meydana gelen bozunmaların daha koyu renkte ürün eldesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının L* değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin maltodekstrinin L* değerinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda ilave edilen maltodekstrinin havucun ana renk maddesi olan β-karoteni, oksijen ve ısıya karşı daha iyi koruyarak, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını engellemiş olabileceği düşünülmektedir.

Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının a* değeri incelendiğinde, hava giriş ve çıkış sıcaklığı arttıkça a* değerinin genel olarak azaldığı, maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça ise a* değerinin önce azaldığı sonra ise arttığı gözlenmiştir. Genel olarak 16°Briks kuru madde içeriğindeki havuç suyu tozlarının en düşük a* değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Sarılık/mavilik değeri maltodekstrin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmıştır. En düşük b* değeri genel olarak 20°Briks kuru madde içeriğindeki havuç suyu tozlarında gözlenmiştir. Genel olarak hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışın b* değerini arttırdığı gözlenmiştir.



Şekil 4.66. Farklı hava girişçıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri

Şekil 4.66 incelendiğinde peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının L* değeri üzerinde hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının belirgin bir etkisi olmadığı, ancak peynir altı suyu tozu konsantrasyonu artışına bağlı olarak artış meydana geldiği görülmektedir. a* ve b* değerlerinin genel olarak hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. a* değeri genel olarak konsantrasyona bağlı olarak önce azalmış sonra artmış; b* değeri ise genel olarak konsantrasyona bağlı olarak azalmıştır.



Şekil 4.67. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri

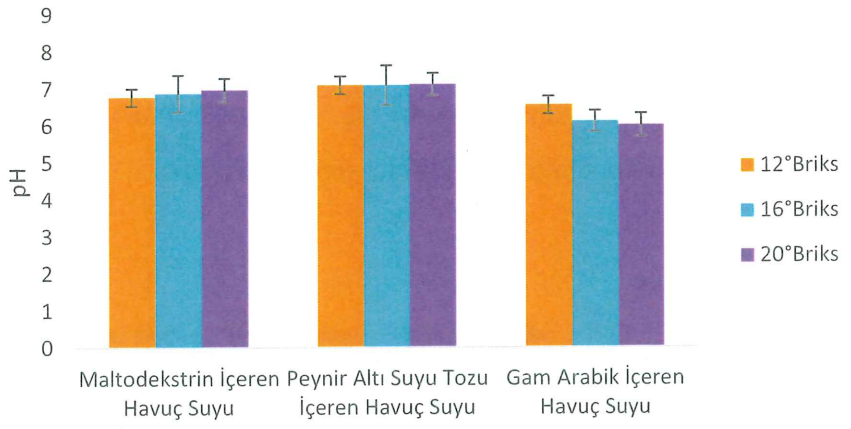
Şekil 4.67 incelendiğinde, hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışa bağlı olarak gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının parlaklık değerinin genel olarak azaldığı ancak gam Arabik konsantrasyonu arttıkça arttığı görülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda renk pigmentlerinde meydana gelen bozunmaların daha koyu renkte ürün eldesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca havuç suyuna kıyasla daha yüksek L* değerine sahip olan gam Arabiğin ilavesiyle parlaklık değerinin artması beklenen bir sonuçtur.

a* değerinin genel olarak hava çıkış sıcaklığına ve konsantrasyona bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. b* değeri ise genel olarak hava çıkış sıcaklığına bağlı olarak artarken, gam Arabik konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmıştır.

Kullanılan kurutma ajanlarının havuç suyu tozlarının renk değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek L* değerine sahip havuç suyu tozlarının maltodekstrin içeren havuç suyu tozları, en yüksek a* ve b* değerine sahip olan havuç suyu tozlarının ise peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozları olduğu gözlenmiştir. Kurutma ajanı katkılı havuç suyu tozlarının (12, 16 ve 20°Briks) aynı koşullarda üretilen sade havuç suyu tozlarına (Çizelge 4.4) kıyasla daha yüksek L* değerine daha düşük a* ve b* değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Kurutma ajanı ilavesiyle havuç suyu tozlarının parlaklık değerinin artmasının, kullanılan kurutma ajanlarının yüksek L* değerinin yanı sıra yüksek sıcaklıklarda renk pigmentlerinde meydana gelen bozunmaları (daha koyu renkte ürün eldesi) engellemiş olabileceği düşünülmektedir. Renk pigmentlerinden β- karotence zengin olan havuç suyuna a* ve b* değerleri sade havuç suyuna ve tozlarına kıyasla oldukça düşük olan kurutma ajanlarının ilavesi bu değerlerin düşmesine neden olmuş olabilir.

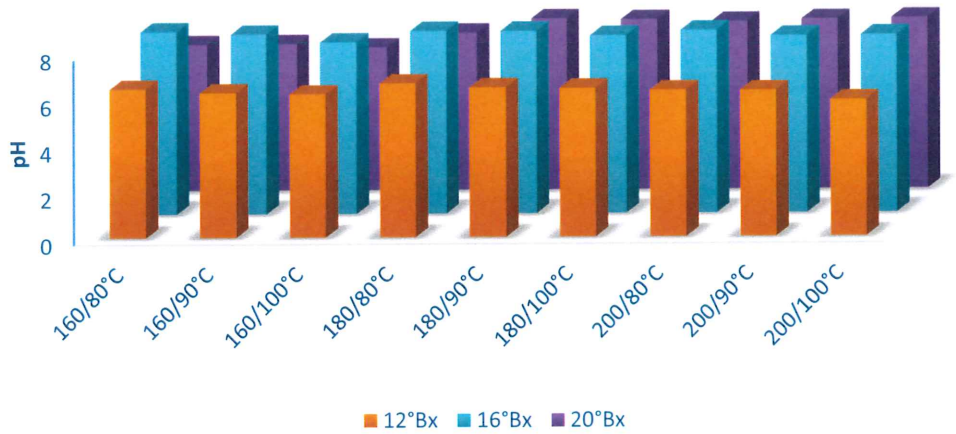
4.2.7 Havuç Suyu ve Tozlarının pH Değeri

Havuç suyunun pH değeri 6.41 olarak ölçülmüş ve farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının pH değerleri Şekil 4.68'de verilmiştir.



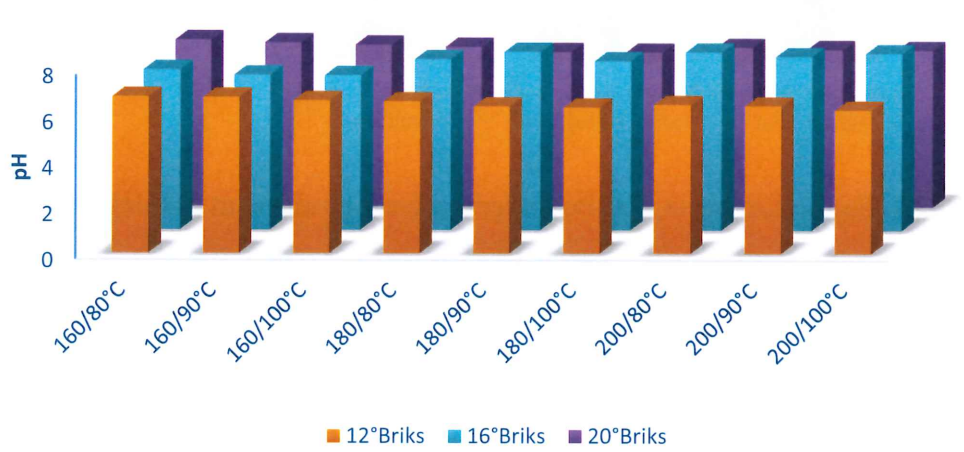
Şekil 4.68. Farklı kurutma ajanlarını içeren havuç sularının pH değerleri

Şekil 4.68 incelendiğinde en yüksek pH değerine peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının, en düşük pH değerine ise gam Arabik içeren havuç sularının sahip olduğu görülmüştür. Maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının pH değerleri konsantrasyon artışına bağlı olarak artarken, gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri ise azalmıştır. Havuç suyu tozları pH ölçümü için başlangıç nem içeriğine sulandırılmış ve farklı konsantrasyonlarda maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri sırasıyla Şekil 4.69-4.71'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-31'de verilmiştir.



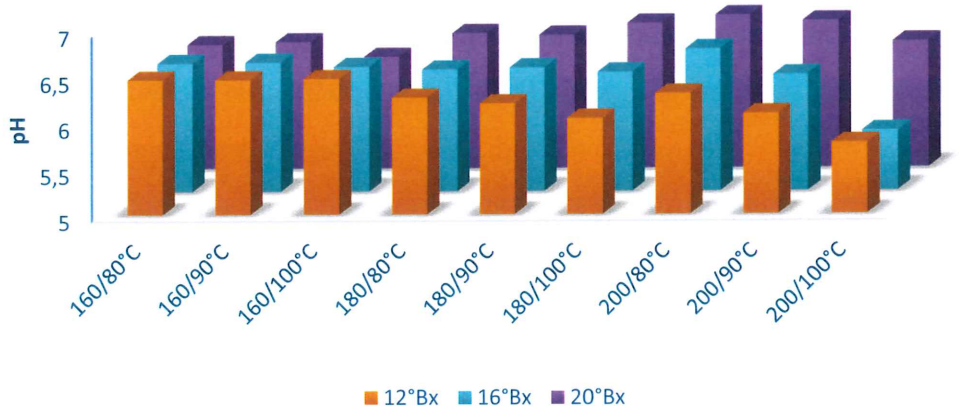
Şekil 4.69. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri

Şekil 4.69 incelendiğinde, pH değerinin maltodekstrin konsantrasyonuna bağlı olarak genel olarak önce arttığı sonra ise azaldığı görülmektedir. Ayrıca hava çıkış sıcaklığı arttıkça maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının pH değeri azalmıştır. Hava giriş sıcaklığının belirgin bir etkisi saptanamamıştır.



Şekil 4.70. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri

Şekil 4.70 incelendiğinde; havuç suyu tozlarının pH değerinin peynir altı suyu tozu konsantrasyonuna bağlı olarak genel olarak önce arttığı sonra ise azaldığı görülmektedir. Ayrıca hava çıkış sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının pH değeri azalmış; hava giriş sıcaklığının ise belirgin bir etkisi saptanamamıştır.

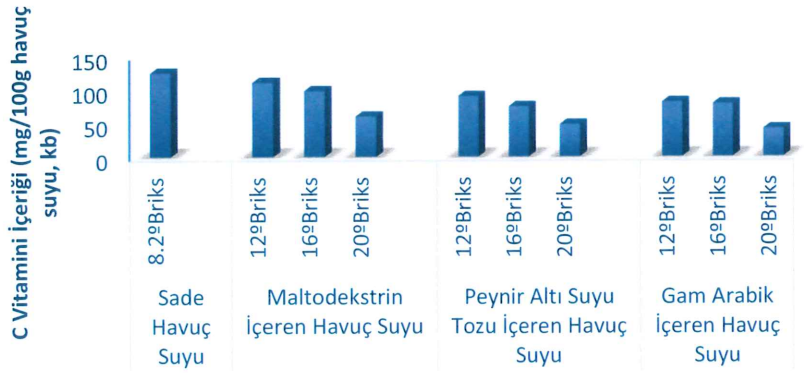


Şekil 4.71. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının pH değerleri

Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının pH değeri incelendiğinde genel olarak konsantrasyona bağlı olarak pH değerinin arttığı görülmektedir. Hava giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak düzenli bir değişim gözlenememiştir.

4.2.8 Havuç Suyu ve Tozlarının C Vitamini İçeriği

Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu, kb) Şekil 4.72'de verilmiştir.

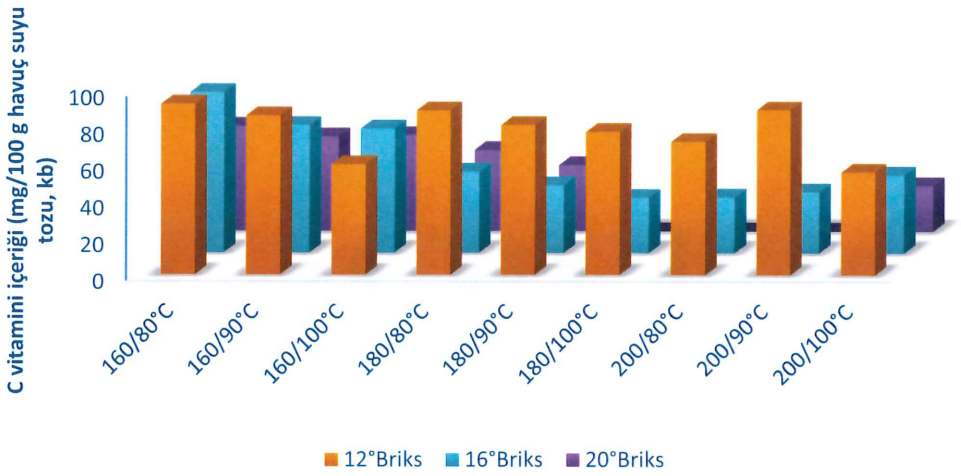


Şekil 4.72. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu, kb)

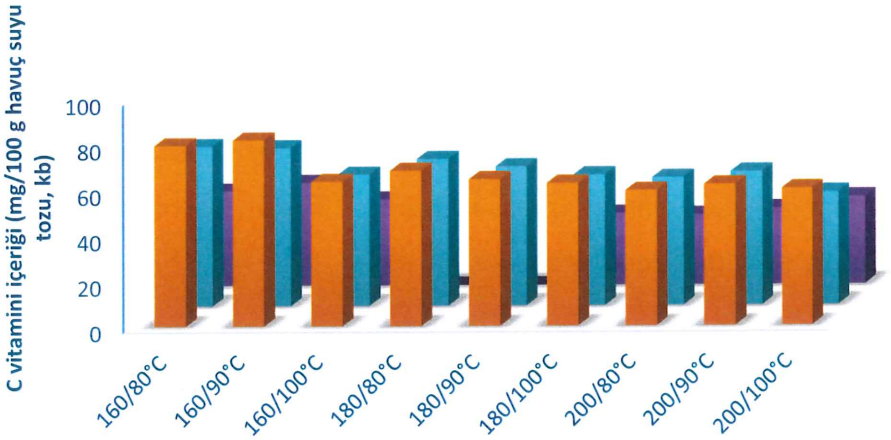
Havuç suyunun C vitamini içeriği 125.104mg/100g havuç suyu (kb) olarak bulunmuştur. Singh et al., 2011, havucun C vitamini içeriğinin 106.522mg/100g havuç (kb) olduğu belirtilmiştir. Havuç suyu için bulunan değer havuç için belirtilen değerle uyum içerisindedir. Havucun kimyasal kompozisyonunun havuç türüne ve hasat zamanına bağlı olduğu belirtilmiştir (Brunsgaard et al., 1994). Bu nedenle havuçların kimyasal kompozisyonlarındaki farklılığın yanı sıra havuç suyuna işlenmesi sırasında uygulanan işlemlerin de C vitamini içeriğini etkilediği düşünülmektedir.

Şekil 4.72 incelendiğinde, kurutma ajanı ilavesiyle havuç suyunun C vitamini içeriğinde düşüş meydana geldiği; konsantrasyon arttıkça da C vitamini değerinin daha da düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun, kurutma ajanı miktarı arttıkça aynı miktarda havuç suyu başına düşen kuru madde miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek C vitamini değerleri maltodekstrin içeren havuç sularında, en düşük C vitamini değeri ise peynir altı suyu tozu içeren havuç sularında gözlenmiştir.

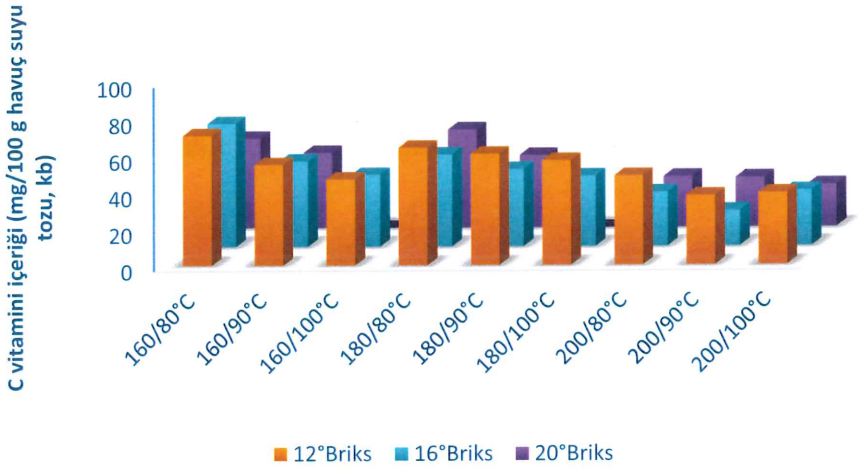
Havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.73-4.75'te, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-36'da verilmiştir.



Şekil 4.73. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb)



Şekil 4.74. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb)



Şekil 4.75. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği (mg/100 g havuç suyu tozu, kb)

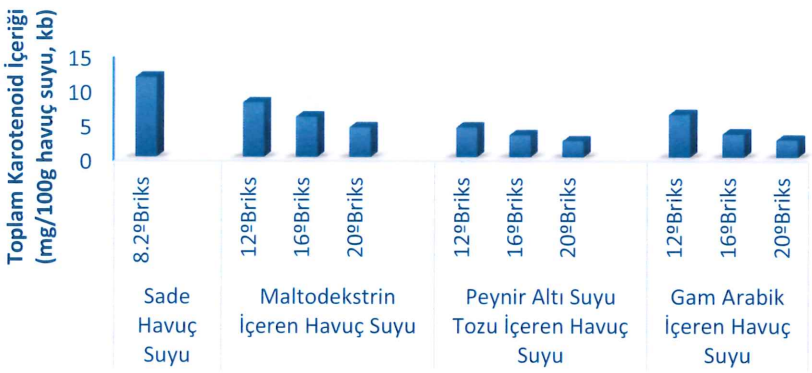
Şekil 4.73-4.75 incelendiğinde, havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinin artan kurutma ajanı konsantrasyonu ve hava giriş ve çıkış sıcaklığıyla genellikle azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). 180/100°C, 200/80°C ve 200/90°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan kuru madde içeriği 20°Briks olan maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında, 180/80°C ve 180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan kuru madde içeriği 20°Briks olan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu

tozlarında ve 160/100°C ve 180/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan kuru madde içeriği 20°Briks olan gam Arabik içeren havuç suyu tozlarında C vitamini saptanamamıştır. En yüksek C vitamini değerleri genel olarak kuru madde içeriği 12°Briks olan maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında, en düşük C vitamini değerleri ise genel olarak kuru madde içeriği 12°Briks olan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarında gözlenmiştir.

Sıcaklık, pH, oksijen, enzim, şeker ve/veya tuz konsantrasyonu, metal, vb. faktörlerin askorbik asit bozunmasını etkilediği ve gıdaların işlenmesi sırasında kaybın en çok kimyasal bozunmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Manay and Shadaksharaswamy, 2005). Havuç suyunun püskürtmeli kurutucuya beslenmesi sırasında hava, oksijen ve ışık gibi faktörlerin kurutma işleminin yanı sıra, havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde kayba neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

4.2.9 Havuç Suyu ve Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği

Sade ve farklı konsantrasyonlarda kurutma ajanları içeren havuç sularının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu, kb) Şekil 4.76'da verilmiştir.



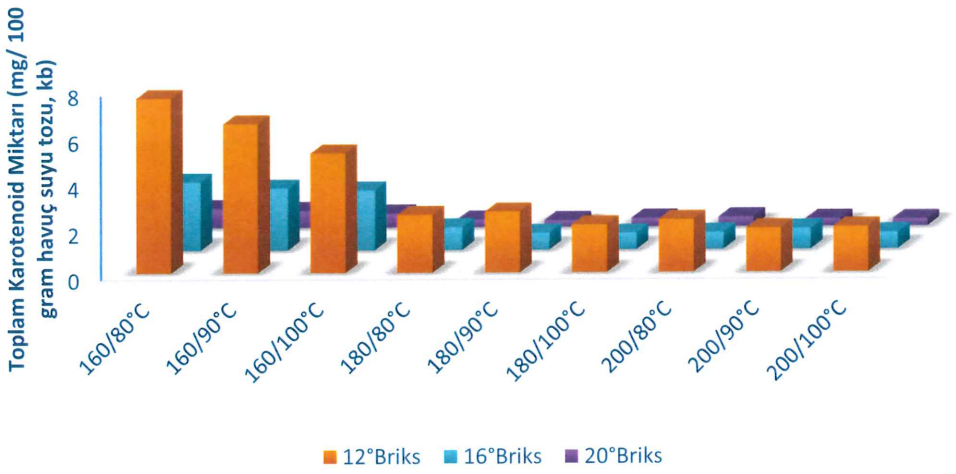
Şekil 4.76. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu, kb)

Sade havuç suyunun toplam karotenoid içeriği 11.6mg/100g havuç suyu (kb) olarak bulunmuştur. Pandey et al. (2003) taze havuç ve kurutulmuş havuç tozunun karoten içeriğinin sırasıyla 30 ve 6.90mg/100g (yb) olduğunu belirtmişlerdir. Singh et al. (2001) havuçların β-karoten içeriğini 47.83mg/100g (kb) olarak tespit

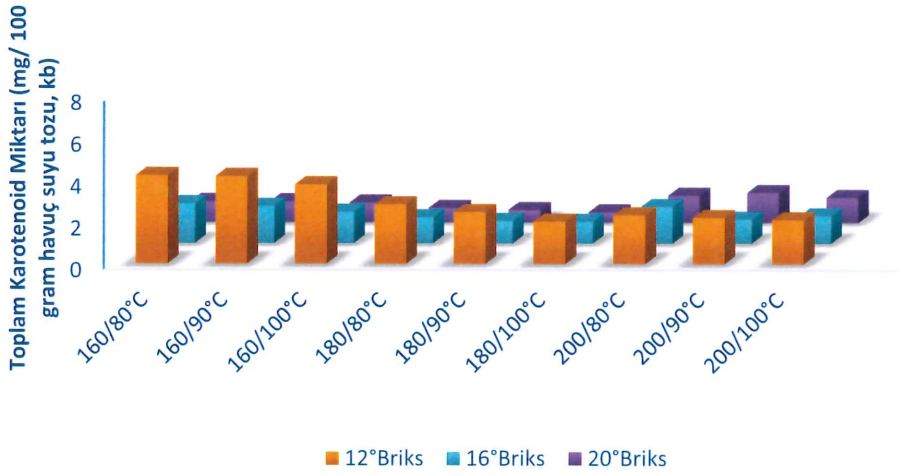
etmişlerdir. Havuç suyu için bulunan değerler literatürde belirtilen değerlerden düşüktür. Bu durumun havucun yetiştirilmesiyle ilgili faktörlerin yanı sıra, havuç suyuna işleme sırasında meydana gelen kayıplardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.76 incelendiğinde, farklı kurutma ajanlarının ilavesiyle havuç suyunun toplam karotenoid içeriğinin azaldığı, konsantrasyon arttıkça da toplam karotenoid içeriğinin daha da düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin, kurutma ajanı miktarı arttıkça aynı miktarda havuç suyu başına düşen kuru madde miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek toplam karotenoid içeriği maltodekstrin içeren havuç sularında, en düşük toplam karotenoid içeriği ise peynir altı suyu tozu içeren havuç sularında gözlenmiştir.

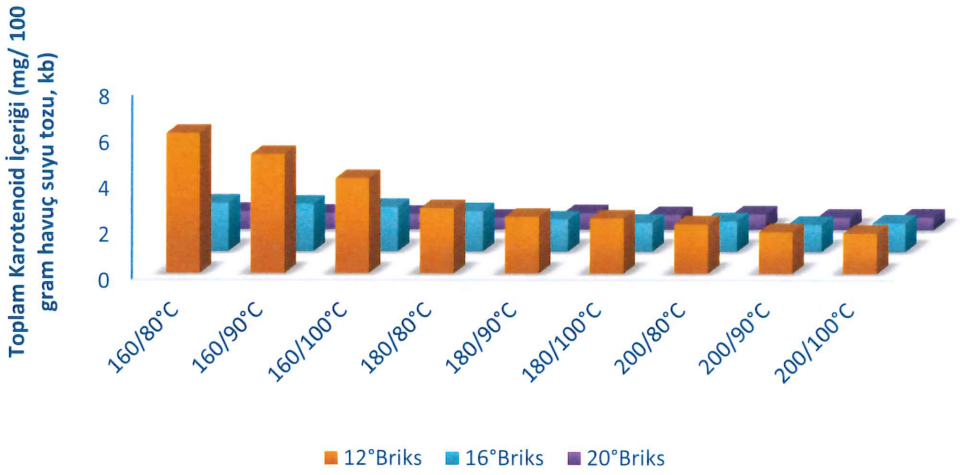
Farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının, besleme konsantrasyonu ve hava giriş/çıkış sıcaklığına bağlı olarak toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.77-4.79'da, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-36'da verilmiştir.



Şekil 4.77. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb)



Şekil 4.78. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb)



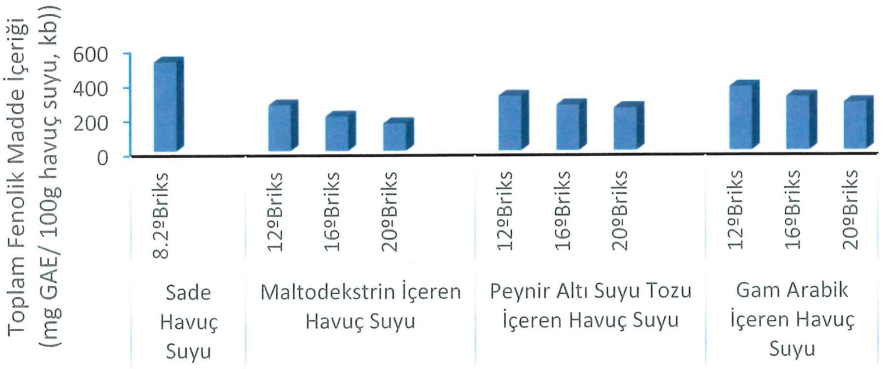
Şekil 4.79. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriği (mg/100g havuç suyu tozu, kb)

Şekil 4.77-4.79 incelendiğinde, havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinin artan kurutma ajanı konsantrasyonu ve hava giriş ve çıkış sıcaklığıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). En yüksek toplam karotenoid içeriği 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan havuç

suyu tozlarında gözlenmiştir. En düşük değerler ise, maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarında genelde 180°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan örneklerde gözlenirken, gam Arabik içeren havuç suyu tozlarında ise 200°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan örneklerde gözlenmiştir. Havuç suyu püskürtmeli kurutucuya beslenirken manyetik karıştırıcıyla sürekli olarak karıştırılmıştır. Kurutma işlemi sırasında oluşan kayıpların yanı sıra, havuç sularının püskürtmeli kurutucuya beslenmesi sırasında (hava, oksijen ve ışık vb.) toplam karotenoid içeriğinde kayıpların meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Kullanılan püskürtmeli kurutucuda hava çıkış sıcaklığı besleme akış hızı ile kontrol edilmektedir. Bu nedenle, toplam fenolik madde içeriğinin besleme akış hızı dolayısıyla kurutma işlem süresi (havuç sularının havayla ve ışıkla temas süresi) kullanılan kurutma ajanı ve konsantrasyonundan etkilendiği düşünülmektedir. Havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğini en iyi koruyan kurutma ajanının peynir altı suyu tozu olduğu gözlenmiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp miktarı, besleme kuru madde içeriğine bağlı olarak %43.41 ile %58.3 arasında değişmektedir.

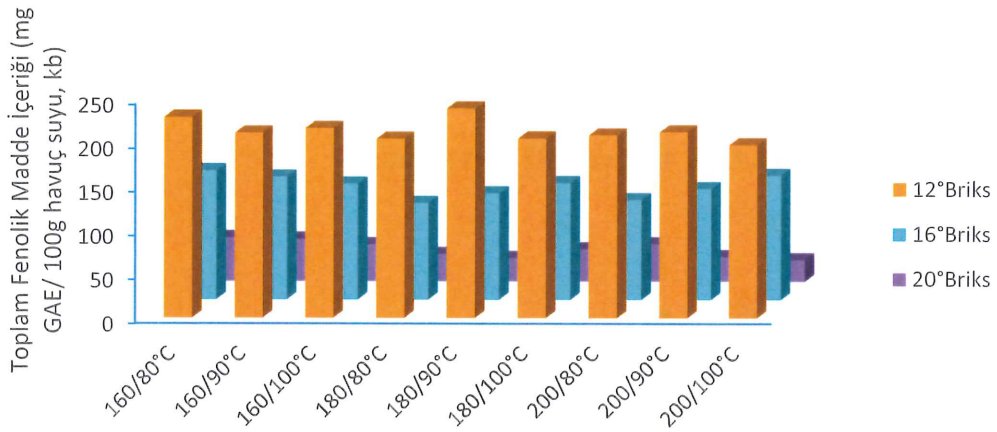
4.2.10 Havuç Suyu ve Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı

Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının ve tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu, kb) Şekil 4.80, 4.81, 4.82 ve 4.83'de verilmiştir.



Şekil 4.80. Sade ve farklı konsantrasyonlarda farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g havuç suyu, kb)

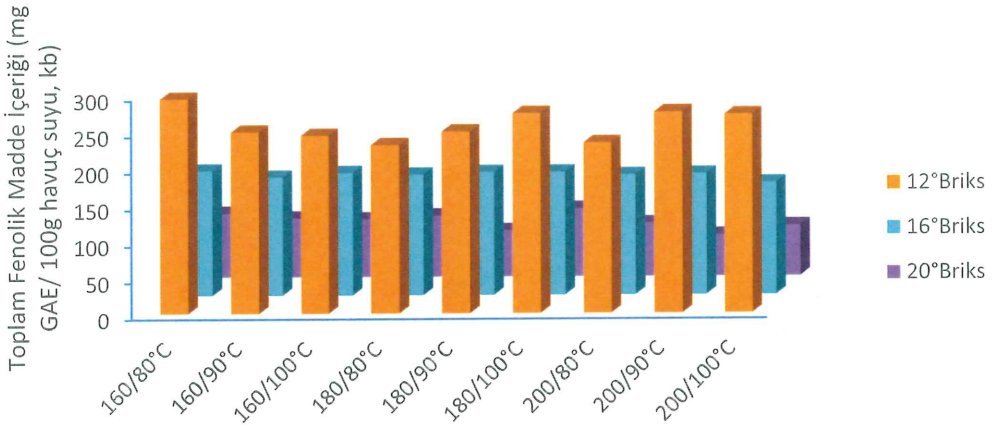
Şekil 4.80 incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin sade havuç suyunda olduğu ve kurutma ajanı ilavesiyle toplam fenolik madde miktarında azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça toplam fenolik madde miktarı istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Bu durumun kurutma ajanlarının fenolik madde içermemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı gam Arabik içeren havuç sularında, en düşük fenolik madde miktarı ise maltodekstrin içeren havuç sularında gözlenmiştir. Oviasogie et al. (2009) havucun toplam fenolik madde içeriğinin 26.59±1.70µg/g GAE olduğunu belirtmişlerdir. Leja et al. (2013), 15 farklı türde turuncu havucun toplam fenolik madde içeriğini Folin–Ciocalteu ve UV/Vis yöntemleriyle incelemiş ve 18.7-58.6mg GAE/100g ve 29.9-61.9mg/100g (yb) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Havuç suyu için bulunan değerler literatürle uyum içerisindedir. Literatürde verilen değerler yaş bazlı olduğu için farklı değerlendirilebilmektedir. Ancak kuru baza çevrildiğinde sonuçlar arasında uyum olduğu görülmektedir. Ayrıca türler arasındaki farklar da havucun fenolik madde miktarını etkilemektedir. Farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarları Şekil 4.81-4.83'te, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-36'da verilmiştir.



Şekil 4.81. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb)

Şekil 4.81 incelendiğinde maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığındaki artışa

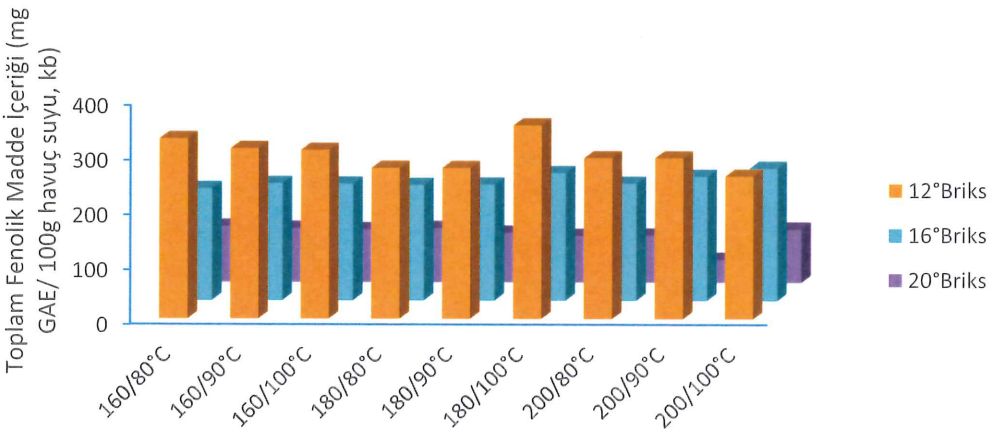
bağlı olarak genel olarak azalmıştır ($p<0.05$). Ancak, 16°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının 180°C ve 200°C'de kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı hava çıkış sıcaklığındaki artışla birlikte artış göstermiştir ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı kurutulan havuç suyuna kıyasla hesaplanmış ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %43.95, %43.60 ve %44.34 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklığı sabit tutularak, hava giriş sıcaklığının havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, genel olarak hava giriş sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarının önce azaldığı sonra ise arttığı gözlenmiştir. Ortalama fenolik madde kaybı kurutulan havuç suyuna kıyasla hesaplanmış ve 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %39.54, %46.07 ve %46.27 olarak bulunmuştur. Havuç sularına maltodekstrin ilavesi arttıkça elde edilen havuç suyu tozundaki toplam fenolik madde miktarı istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Bu durumun nedeninin havuca ilave edilen katkı maddelerinin fenolik bileşikler içermemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.82. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb)

Şekil 4.82 incelendiğinde en yüksek fenolik madde içeriğine sahip (294.47mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu

tozunun, 12°Briks havuç suyunun 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozu olduğu görülmektedir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sonuçlarına benzer bir şekilde 12 ve 16°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının 160°C ve 180°C'de kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı hava çıkış sıcaklığındaki artışla birlikte artış göstermiştir ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı kurutulan havuç suyuna kıyasla hesaplanmış ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %45.73, %49.95 ve %47.81 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklığı sabit tutularak, hava giriş sıcaklığının havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, genel olarak hava giriş sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarının azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı kurutulan havuç suyuna kıyasla hesaplanmış ve 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %44.73, %48.52 ve %50.24 olarak bulunmuştur. Havuç sularına peynir altı suyu tozu ilavesi arttıkça elde edilen havuç suyu tozundaki toplam fenolik madde miktarı istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyu tozları için sırasıyla, %28.63, %45.86 ve %68.99 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.83. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb)

Şekil 4.83 incelendiğinde gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığındaki artışa bağlı olarak genel olarak azalmıştır ($p<0.05$). Ancak, maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sonuçlarına benzer bir şekilde 16°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının 180°C ve 200°C'de kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı hava çıkış sıcaklığındaki artışla birlikte artış göstermiştir ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı kurutulan havuç suyuna kıyasla hesaplanmış ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %38.96, %40.89 ve %36.41 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklığı sabit tutularak hava giriş sıcaklığının havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sonuçlarına benzer bir şekilde, genel olarak hava giriş sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarının önce azaldığı sonra ise arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıklarında kurutulan havuç suları için sırasıyla, %36.98, %38.30 ve %41.00 olarak bulunmuştur. Havuç sularına gam Arabik ilavesi arttıkça elde edilen havuç suyu tozundaki toplam fenolik madde miktarı istatistiksel olarak önemli, ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Ortalama fenolik madde kaybı 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyu tozları için sırasıyla %18.55, %29.61 ve %68.11 olarak bulunmuştur.

Havuç suyu tozlarının fenolik madde içerikleri incelendiğinde; püskürtmeli kurutma işlemiyle en fazla fenolik madde kaybı maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında gözlenirken, gam Arabiğin fenolik maddeleri yüksek oranda koruma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Hava giriş ve çıkış sıcaklığı, kullanılan kurutma ajanı ve konsantrasyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

4.2.11 Havuç Suyu ve Tozlarının Mineral Madde İçeriği

Farklı kurutma ajanlarını içeren 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 12°Briks havuç suyu tozlarının potasyum ve sodyum içerikleri Çizelge 4.6'da, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-37'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Havuç suyu tozlarının mineral madde içeriği (ppm, kb)

	Örnek		
Mineral Madde	**Maltodekstrin içeren havuç suyu tozu**	**Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozu**	**Gam Arabik içeren havuç suyu tozu**
Potasyum (K)	19593.46±29.13[a]	24338.13±248.83 [c]	20522.24±77.40[b]
Sodyum (Na)	5113.70±8.66[a]	7067.037±26.52[c]	5217.473±1.37[b]

[a-c] kurutma ajanları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05).

Çizelge 4.6 incelendiğinde peynir altı suyu tozu ilavesiyle kurutulan havuç suyu tozlarının diğer tozlara göre sodyum ve potasyum içeriklerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun peynir altı suyu tozunun yüksek potasyum ve sodyum içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük sodyum ve potasyum içeriği ise maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında gözlenmiştir.

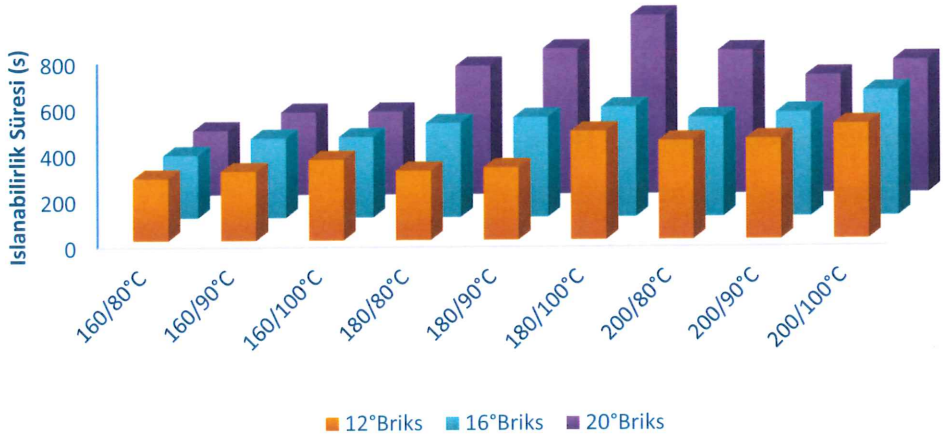
Domagała-Świątkiewicz and Gąstoł (2012), havuç suyunun (*Daucus carota* cv. 'Perfection'), 2306ppm potasyum, 64.8ppm sodyum, 135.6ppm magnezyum, 378.0ppm fosfor ve 153.3ppm kükürt (yb) içerdiğini belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde yapılan çalışmada havuç suyu tozlarının potasyum içeriği sodyum içeriğine göre oldukça yüksek bulunmuştur. Çalışmalar arasındaki farkların verilen sonuçların yaş temelde olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kurutma işlemiyle havuç suyunda mineral madde kaybı olmuş olabileceği düşünülmektedir.

4.2.12 Havuç Suyu Tozlarının Toz Ürün Özellikleri

4.2.12.1 Islanabilirlik

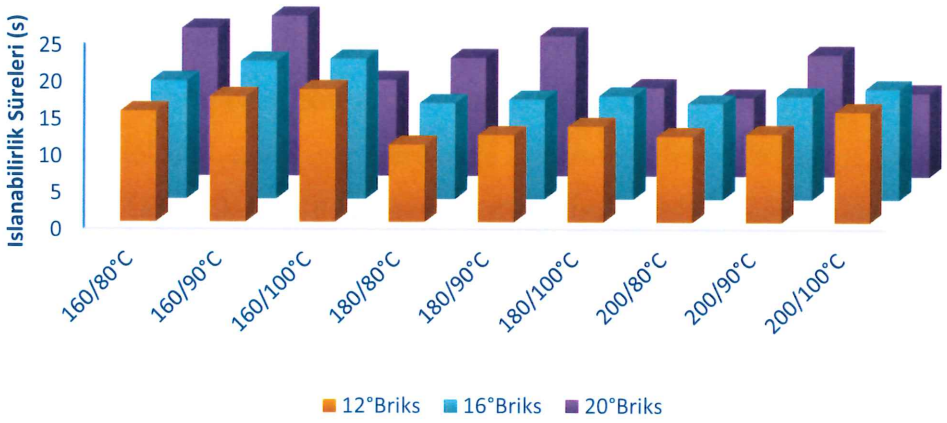
Toz ürünlerin ıslanabilme yeteneği; toz partikülün yüzeyinden suyu emebilme yeteneği olup; yüzey alanı, yoğunluk, boyut, yüzey aktivitesi, higroskopite ve kimyasal kompozisyon gibi toz ürünün çeşitli özelliklerinden etkilenmektedir (Schuck, 2011). Yüksek ıslanabilirlik değerlerine ulaşmak için, toz ürünlerin geniş porlara ve yüksek poroziteye sahip olması istenmektedir (Baranauskaite et al., 2017). Kuck and Noreña (2016) yüksek çözünürlüğün partikül boyutu ile ilgili olduğunu; küçük partiküllerin daha büyük yüzey alanına sahip olduğundan suyla daha yüksek oranda temas ettiğini ve ıslanabilme süresinin kısa olduğunu belirtmişlerdir. Schubert (1993) ise çok ince partiküllerin yüksek yüzey

gerilimleri nedeniyle suda oldukça zor ıslandıklarını belirtmiştir. Yüzeyde oluşan viskoz toz tabakası partiküller arasındaki kapiler akışı durdurmaktadır (Vu et al., 2003). Ayrıca toz ürünlerin yoğunluğu da ıslanabilme süresini etkilemekte olup, daha yoğun tozlar daha hızlı batmakta ve su içinde hızla ıslanabilmektedirler (Bae and Lee, 2008). Farklı kurutma ajanlarının ve işlem koşullarının havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresi üzerine etkisi Şekil 4.84-4.86'da, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-38'de verilmiştir.



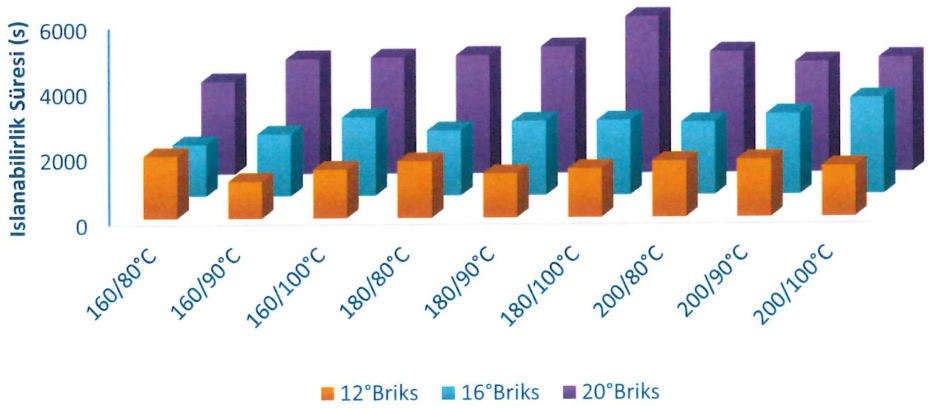
Şekil 4.84. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s)

Şekil 4.84 incelendiğinde; hava giriş ve çıkış sıcaklığı ve maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının ıslanabilme sürelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Havuç suyu tozlarının ıslanabilme süreleri sırasıyla 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için ortalama 322s, 487s ve 501s olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.85. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20 °Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s)

Şekil 4.85 İncelendiğinde; hava giriş sıcaklığı arttıkça peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinin genel olarak önce azaldığı sonra ise arttığı görülmektedir (20° Briks'e sahip tozlar hariç). Genel olarak hava çıkış sıcaklığı arttıkça 12 ve 16°Briks kuru madde içeriğine sahip peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinin arttığı, 20°Briks'e sahip peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlarının ise önce artıp sonra azaldığı görülmektedir. Peynir altı suyu tozu konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının ıslanabilme sürelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı (100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulanlar hariç) görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.86 Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri (s)

Şekil 4.86 incelendiğinde hava giriş ve çıkış sıcaklığı ve gam Arabik konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının ıslanabilme sürelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Havuç suyu tozlarının ıslanabilme süreleri hava giriş sıcaklığı 160°C'den 180°C'ye yükseldiğinde ortalama %13.74; 180°C'den 200°C'ye yükseldiğinde ise ortalama %5.04 oranında artmıştır. Havuç suyu tozlarının ıslanabilme süreleri, havuç sularının suda çözünür kuru madde içeriği 12°Briks'ten 16°Briks'e yükseldiğinde ortalama %45.89; 16°Briks'ten 20°Briks'e yükseldiğinde ise ortalama %66.15 oranında artmıştır.

Chegini and Ghobadian (2005) ortalama ıslanabilirlik süresinin artan hava giriş sıcaklığıyla arttığını, bu durumun ise yüksek sıcaklıklarda ani buharlaşmaya bağlı partikül etrafında kabuk oluşumu ya da yüzeyde sertleşme gözlendiğini ve bu tabakanın partikül içine su girmesini engellediğini belirtmiştir. Benzer bir şekilde yapılan çalışmada havuç suyu tozlarının ıslanabilme süreleri artan hava giriş sıcaklığıyla artmakta olup bu durumun yüzeydeki kabuk oluşumuyla ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Havuç suyunun kurutulmasında kullanılan kurutma ajanlarının havuç suyu tozlarının ıslanabilme süresi üzerine etkisi incelendiğinde; en kısa sürede çözünen havuç suyu tozlarının peynir altı suyu tozu içeren (ortalama 14.83s); en uzun sürede çözünen tozların ise gam Arabik içerenler (ortalama 2479.03s) olduğu gözlenmiştir.

Bu durumun gam Arabiğin hidrofobik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) ortalama partikül boyutları hesaplandığında gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının genel olarak partikül boyutunun diğer kurutma ajanları içerenlere göre daha büyük, peynir altı suyu tozu içerenlerin ise daha küçük olduğu gözlenmiştir (Toz ürünlerin morfolojileri ve partikül boyutu ile ilgili detaylı bilgi 4.2.14 Havuç Suyu Tozlarının Morfolojik Yapıları başlığı altında verilmiştir). Küçük partikül boyutuna sahip tozların geniş yüzey alanına sahip olduğu, su ile temas alanı arttığı için daha hızlı ıslandığı literetürde belirtilmiştir. Bu durum, peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının diğer kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarına göre daha kısa sürede, gam Arabik içerenlerin ise daha uzun sürede ıslanmasının nedeni olarak açıklanabilir.

Kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının ıslanabilme süresinin uzadığı gözlenmiştir. Bulunan sonuçlar yapılan çalışmalarla uyum içerisindedir (Baranauskaite et al., 2017; Çalışkan and Dirim 2016; Çalışkan and Dirim, 2013). Benzer bir şekilde Çalışkan and Dirim (2013) ve Çalışkan and Dirim (2016) yıllarında yaptıkları çalışmalarda sumak ekstraktını püskürtmeli kurutucuda kurutmuşlar ve elde ettikleri sumak ekstraktı tozunun ıslanabilme süresinin artan maltodekstrin konsantrasyonuna bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

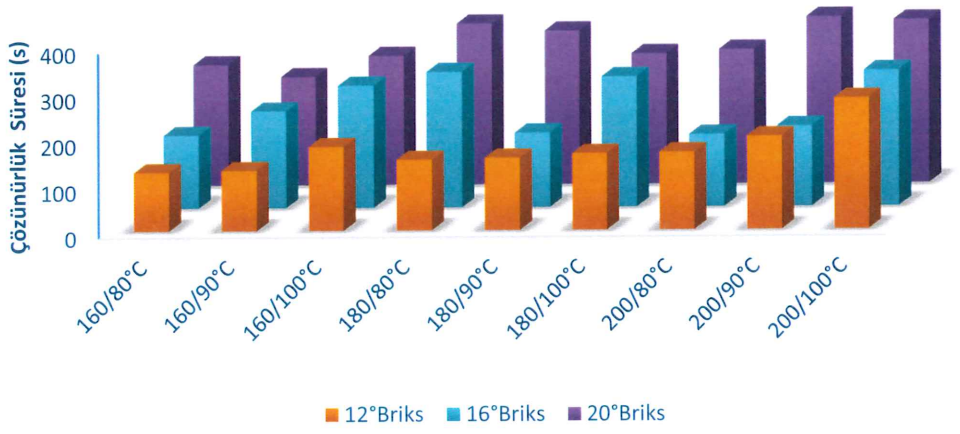
Bulunan sonuçların aksine, Bae and Lee (2008) yaptıkları çalışmada avokado yağını sadece peynir altı suyu izolatı (WPI, %97 protein) ve peynir altı suyu izolatı-maltodekstrin karışımı (MD 5DE, 90:10, 50:50 and 10:90 ağırlıkça) ile püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve sadece peynir altı suyu izolatı ile kurutulan örneklerin ıslanabilme süresinin 1083s, %90 WPI (%10MD), %50 WPI (%50MD) ve %10 WPI (%90MD) içeren örneklerin ıslanabilirlik süresinin ise sırasıyla 725.4s, 543.6s ve 456.6s olduğunu belirtmişlerdir. Maltodektrinin peynir altı suyu izolatına göre daha hidrofilik yapıya sahip olduğunu ve suyun mikroenkapsül içine penetrasyonunu kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Nurhadi et al. (2012) yaptıkları çalışmada, maltodekstrin (20DE) ve gam Arabik katkılı balı (%50 ağırlıkça) püskürtmeli (180/80°C hava giriş çıkış sıcaklığı)

ve vakum kurutucuda (60°C) kurutmuşlar ve püskürtmeli kurutucuda maltodekstrin (33s) ile kurutulan balların gam Arabik (252.6s) ile kurutulanlara göre ıslanabilme ve dağılabilme süresinin daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun nedenini gam Arabiğin maltodekstrine göre daha hidrofobik gruplar içermesi olarak açıklamışlardır (Wiliams and Philips, 2000). Ayrıca, yüksek dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrinler su içerisinde daha çok çözündüğünden, yüksek dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrin içeren bal tozlarının gam Arabik içerenlere göre suyun içinde daha hızlı çözünmesinin diğer bir neden olarak açıklanabileceğini belirtilmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da benzer bir şekilde gam Arabik içeren havuç suyu tozları maltodekstrin içerenlere göre oldukça uzun sürede çözünmüştür.

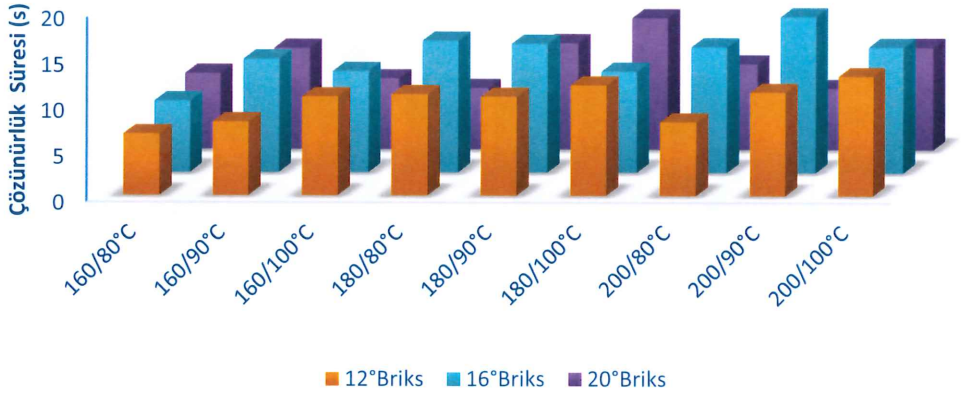
4.2.12.2. Çözünürlük

Çözünürlük; toz gıdaların gıda sistemleri içindeki fonksiyonel özelliklerini etkilediği için önemli bir kalite parametresidir (Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Çözünürlük terimi, toz ürünlerin su içerisinde solüsyon ya da süspansiyon oluşturma yeteneğini ifade etmektedir (Şahin-Nadeem et al., 2013). Farklı kurutma ajanlarının ve işlem koşullarının havuç suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerine etkisi Şekil 4.87-4.89'da, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-38'de verilmiştir



Şekil 4.87. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s)

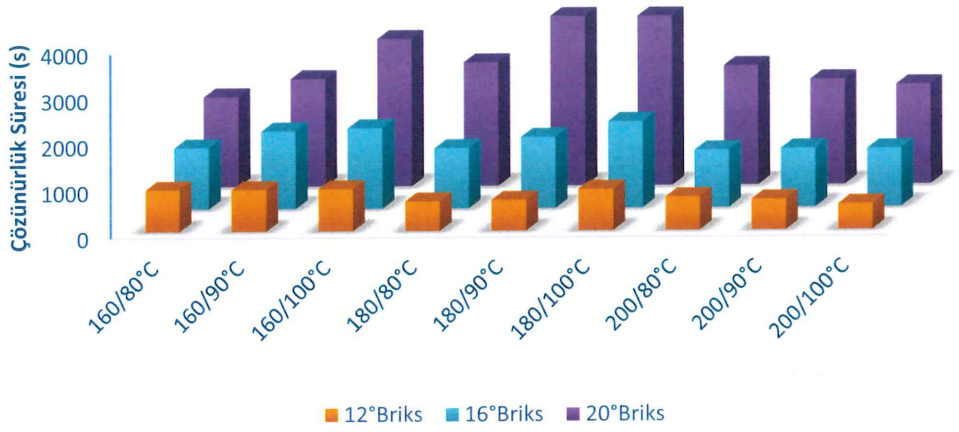
Şekil 4.87 incelendiğinde; hava giriş ve çıkış sıcaklığı ve maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının çözünebilme sürelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). En kısa sürede çözünen (127s) havuç suyu tozları 160/80 °C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 12°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç suyunun kurutulmasıyla elde edilmiştir. En uzun sürede (354s) çözünen tozlar ise 200/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan 20°Briks kuru madde madde içeriğine sahip havuç suyunun kurutulmasıyla elde edilmiştir. Havuç suyu tozlarının çözünebilme süreleri artan hava giriş sıcaklığıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde artmış ve sırasıyla 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıklar için ortalama 205s, 242s ve 254s olarak bulunmuştur. Havuç suyunun kuru madde içeriği 12°Briks'ten (ortalama 175s) 16°Briks'e (ortalama 222s) yükselmesiyle çözünürlük süresi ortalama %31 oranında; 16°Briks'ten 20°Briks'e (ortalama 305s) yükselmesiyle ise ortalama %47 oranında artmıştır. Hava giriş sıcaklığı sabit tutulduğunda ise 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama çözünürlük süresi sırasıyla 218s, 218s ve 266s olarak ölçülmüş ve 80°C ve 90°C hava çıkış sıcaklılarında kurutulan örneklerin ortalama çözünürlük süreleri aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).



Şekil 4.88. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s)

Şekil 4.88 incelendiğinde hava giriş ve çıkış sıcaklığı ve peynir altı suyu tozu konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının çözünebilme sürelerinin istatistiksel

olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). En yüksek süreler genellikle 16°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlarda gözlenmiş ve çözünebilme süreleri 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 10s, 13s ve 10s olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.89. Farklı hava giriş/ çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının çözünme süreleri (s)

Şekil 4.89 incelendiğinde; hava çıkış sıcaklığı ve gam Arabik konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının çözünebilme sürelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Hava giriş sıcaklığı arttıkça genel olarak havuç suyu tozlarının çözünebilme süresi önce artmış sonra ise azalmıştır. Bu durumun nedeninin yüksek sıcaklıklarda ani kurumaya bağlı olarak üründen yeterli miktarda su uzaklaşamadığı için üründe kalan nemin, çözünebilme davranışını desteklemesi olabileceği düşünülmektedir. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının çözünebilme süreleri sırasıyla 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama 1668s, 1887s ve 1421s ve 1489s, 1673s ve 1812s olarak belirlenmiştir. Gam Arabik içeren havuç sularının kuru madde içeriği 12°Briks'ten (ortalama 763s) 16°Briks'e (ortalama 1481s) yükselmesiyle çözünürlük süresi ortalama %96.63 oranında; 16°Briks'ten 20°Briks'e (ortalama 2731s) yükselmesiyle ise ortalama % 84.46 oranında artmıştır.

Havuç suyunun kurutulmasında kullanılan kurutma ajanlarının havuç suyu tozlarının saf suda çözünebilme süresi üzerine etkisi incelendiğinde; ıslanabilirlik sonuçlarına benzer bir şekilde en kısa sürede çözünen havuç suyu tozlarının peynir altı suyu tozu içeren (11s); en uzun sürede çözünen tozların ise gam Arabik içeren (1658s) havuç suyu tozları olduğu gözlenmiştir. Kullanılan kurutma ajanlarının havuç suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Şahin-Nadeem et al. (2013) yaptıkları çalışmada, farklı kurutma ajanları (β-siklodekstrin, gam Arabik ve maltodekstrin (3ve 5g/100g)) içeren adaçayının sulu ekstraktını püskürtmeli kurutucuda (145-165°C/75°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve elde edilen toz ürünlerin çözünürlüğünün hava giriş sıcaklığı, kullanılan kurutma ajanı tipi ve konsantrasyonundan istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir ($P<0.05$). Araştırmacılar düşük hava giriş sıcaklıklarında kurutulan örneklerin aglomerasyon oluşturma eğiliminde olduğunu bu nedenle daha yüksek oranda çözündüğünü belirtmişlerdir.

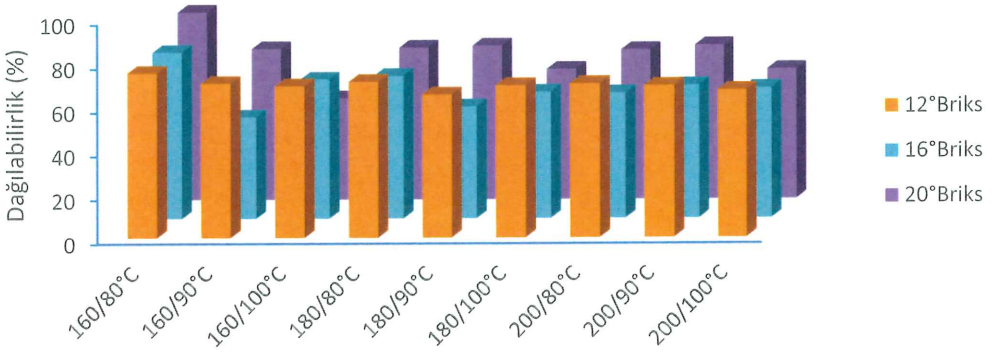
Yapılan çalışmada en uzun sürede çözünen havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sonuçlarına benzer bir şekilde gam Arabik içerenler olduğu gözlenmiştir. Bu durumun gamların hidrofobik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir Ayrıca, Cano-Chauca et al. (2005) nişasta türevlerinin gam Arabik içerenlere göre daha yüksek çözünürlük gösterdiğini belirtmiştir.

Quek et al. (2007) yaptıkları çalışmada, iki farklı konsantrasyonda (%3 ve %5) maltodekstrin içeren karpuz sularını dört farklı hava giriş sıcaklığında (145, 155, 165 ve 175°C) püskürtmeli kurutucuda kurutmuşlar ve hava giriş sıcaklığı arttıkça, karpuz suyu tozlarının suda tamamen çözünmesi için gereken sürenin uzadığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada benzer bir şekilde hava giriş sıcaklığı arttıkça maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünmesi için gereken süre uzamıştır. Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süreleri ise artan hava giriş sıcaklığıyla önce artmış sonra ise azalmıştır.

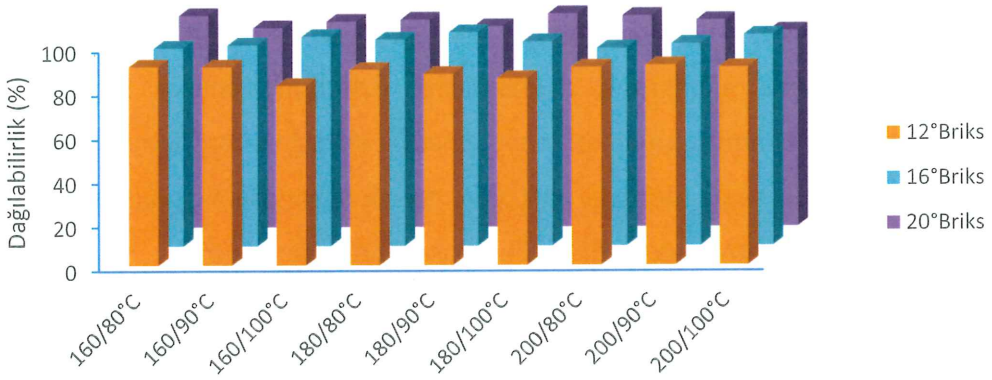
4.2.12.3. Dağılabilirlik

Toz ürünlerin dağılabilirliği suyun içerisinde topaklanma oluşturmadan ıslanabilme yeteneğidir. Literatürde, instant kahve tozu, domates çorbası tozu ve

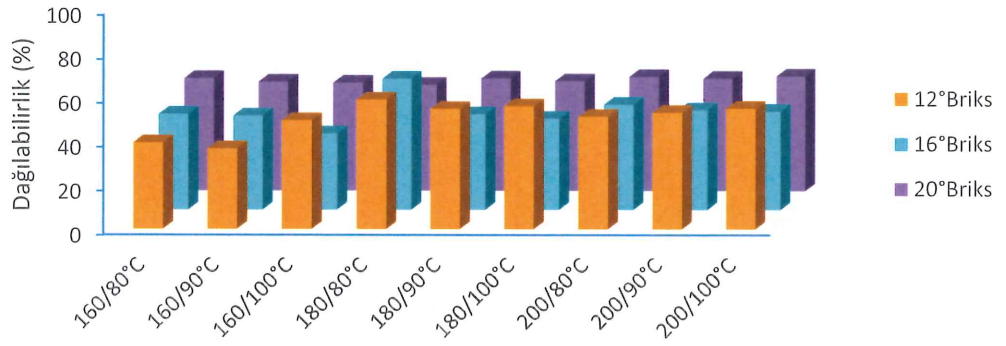
vakum kurutucuda kurutulmuş mango püresi tozunun dağılabilirlik değerlerinin sırasıyla; %99.95–99.98, %68.19–70.21 ve %68.67 olduğu belirtilmiştir (Jaya and Das, 2005). Havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%) Şekil 4.90-4.92'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-38'de verilmiştir.



Şekil 4.90. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)



Şekil 4.91. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)

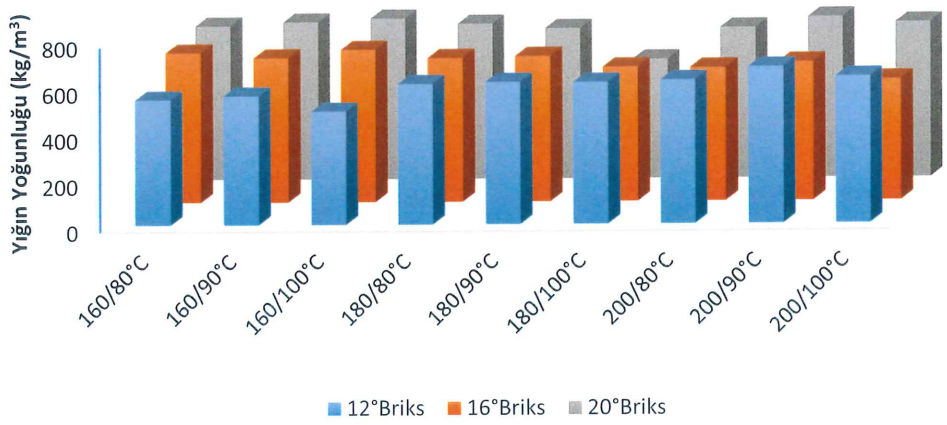


Şekil 4.92. Farklı hava girişçıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri (%)

Havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerleri incelendiğnde, en yüksek dağılabilirlik değerine peynir altı suyu tozu içeren tozların, en düşük dağılabilirlik değerlerine ise gam Arabik içeren tozların sahip olduğu görülmektedir. Kullanılan kurutma ajanlarının dağılabilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek dağılabilirlik değerine peynir altı suyu tozunun (%91.42), en düşük dağılabilirlik değerine ise gam Arabiğin (%31.81) sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen toz ürünler kullanılan kurutma ajanlarının dağılabilirlik özelliğine benzer bir davranış sergilemiştir. Tüm kurutma ajanları için dağılabilirlik değeri konsantrasyon artışına bağlı olarak genel olarak artmıştır ($p<0.05$). Ancak hava giriş ve çıkış sıcaklığının dağılabilirlik değeri üzerinde belirgin bir etkisi saptanamamıştır.

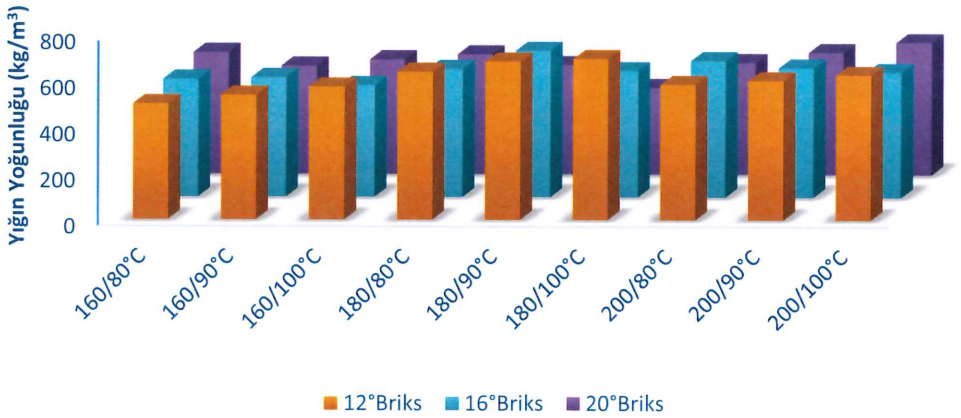
4.2.12.4. Yığın yoğunluğu

Fonksiyonel ve ekonomik faktörler dikkate alındığında yığın yoğunluğu toz ürünler için önemli bir kriterdir (Şahin-Nadeem et al., 2013). Yüksek yığın yoğunluğu değeri, taşıma ve depolama maliyetlerini düşürmektedir (Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Farklı kurutma ajanlarının ve işlem koşullarının havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu üzerine etkisi Şekil 4.93-4.95'te, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-39'da verilmiştir.



Şekil 4.93. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m³)

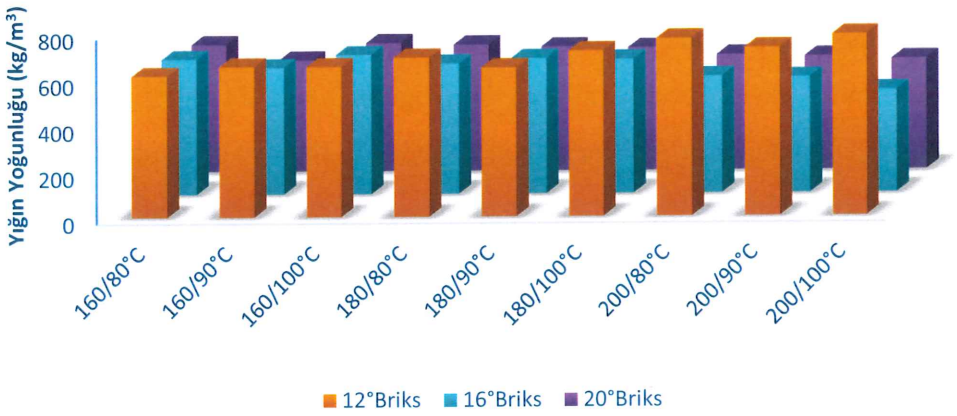
Şekil 4.93 incelendiğinde; hava giriş sıcaklığı ve maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ortalama yığın yoğunluğu değerleri 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 600.05, 609.81 ve 657.30kg/m^3 olarak bulunmuştur. Maltodekstrinin yığın yoğunluğu değeri 628.34kg/m^3 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değeri maltodektrin için bulunan değerle uyum içerisindedir. Kuru madde içeriğinin 12°Briks'ten 16°Briks'e artmasıyla yığın yoğunluğu değerinde yaklaşık %1.63'lük bir artış meydana gelirken, 16°Briks'ten 20°Briks'e artmasıyla ise yaklaşık %7.79 oranında artmıştır.



Şekil 4.94. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m³)

Şekil 4.94 incelendiğinde; havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin hava giriş ve çıkış sıcaklığından ve peynir altı suyu tozu konsantrasyonundan istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir ($p<0.05$). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ortalama yığın yoğunluğu değerleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama, 515.10, 571.73 ve 569.03kg/m^3 ve 548.04, 558.96 ve 548.86kg/m^3 olarak bulunmuştur. Peynir altı suyu tozunun yığın yoğunluğu değeri 672.48kg/m^3 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değeri bu değere kıyasla oldukça düşük bulunmuştur. Sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığı arttıkça 12°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların yığın yoğunluğu değerleri artarken, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların ise yığın yoğunluğu değerleri genel olarak önce artmış sonra azalmıştır. Peynir altı suyu tozu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değeri azalmıştır ($p<0.05$). Ortalama yığın yoğunluğu değerleri 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 609.22, 550.72 ve 495.93kg/m^3 olarak bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin 12 °Briks'ten 16 °Briks'e artmasıyla yığın yoğunluğu değerinde yaklaşık

%9.60'lık bir azalış meydana gelirken, 16°Briks'ten 20°Briks'e artmasıyla ise yaklaşık %9.95 oranında azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.95. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu (kg/m³)

Şekil 4.95 incelendiğinde; gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin hava giriş ve çıkış sıcaklığından ve gam Arabik konsantrasyonundan istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir ($p<0.05$). Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerleri peynir altı suyu tozu içerenlere benzer bir şekilde, gam Arabik konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmıştır ($p<0.05$). Sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığının etkisi incelendiğinde ise, genel olarak hava çıkış sıcaklığı arttıkça yığın yoğunluğunun önce azaldığı daha sonra ise arttığı gözlenmiştir. Ortalama yığın yoğunluğu 12, 16 ve 20 °Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 695.12, 547.29 ve 520.03kg/m^3 olarak bulunmuştur. Gam Arabiğin yığın yoğunluğu değeri 653.62kg/m^3 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5). 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip gam Arabik içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların yığın yoğunluğu değerleri bu değere kıyasla oldukça düşük bulunsa da, 12°Briks kuru madde içeriğine sahip gam Arabik içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlarının yığın yoğunluğu değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin 12°Briks'ten 16°Briks'e artmasıyla yığın yoğunluğu değerinde

yaklaşık %21.27'lük bir azalış meydana gelirken, 16°Briks'ten 20°Briks'e artmasıyla ise yaklaşık %4.98 oranında azalış gözlenmiştir.

Avokado yağının sadece peynir altı suyu izolatı (WPI, %97 protein) ve peynir altı suyu izolatı-maltodekstrin karışımı (MD 5DE, 90:10, 50:50 and 10:90 ağırlıkça) ile püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş çıkış sıcaklığı) kurutulduğu bir çalışmada maltodekstrin oranı arttıkça yığın yoğunluğunun da arttığı gözlenmiştir. Araştırmacılar bu durumun aglomerasyon ve yapısal çökmeye bağlı olarak hacimde meydana gelen azalmaya bağlı olabileceğini belirtmişlerdir (Bae and Lee, 2008).

Shishir et al. (2012) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda maltodekstrin içeren (10DE, %10-20) pembe guava püresini püskürtmeli kurutucuda (150-170°C hava giriş sıcaklığı ve 350ml/h besleme akış hızı) kurutmuşlar ve yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin artan maltodekstrin konsantrasyonuna bağlı olarak arttığını ancak, artan hava giriş sıcaklığına bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir. Bu durumun, yüksek hava giriş sıcaklıklarında, hızlı kurumadan kaynaklı toz üründe daha az büzüşme olmasından kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir.

Şahin-Nadeem et al. (2013) yaptıkları çalışmada, farklı kurutma ajanları (β-siklodekstrin, gam Arabik ve maltodekstrin (3ve 5g/100g)) içeren adaçayının sulu ekstraktını püskürtmeli kurutucuda (145-165°C/75°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinin hava giriş sıcaklığından istatistiksel olarak anlamlı ölçüde etkilenmezken ($P>0.01$); farklı kurutma ajanlarından ve konsantrasyonlarından etkilendiğini ($P<0.01$) belirmişlerdir. En yüksek yığın yoğunluğu değerine sahip tozların β- siklodekstrin içerenler olduğunu, bunu sırasıyla maltodekstrin içerenler ve gam Arabik içerenlerin takip ettiğini belirtmişlerdir. Bu durumun, partikül morfolojisiyle ilgili olabileceğini, büyük partiküllerin düşük yığın yoğunluğuna sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kullanılan kurutma ajanlarının yığın yoğunluğu değerini ölçmüşler (β- siklodekstrin, gam Arabik ve maltodekstrin için sırasıyla 640.25, 465.37 ve 473.48kg/m^3) ve kurutma ajanlarının yığın yoğunlukları arasındaki farkın da toz ürünlerin yığın yoğunluğu değerleri arasında farka neden olabileceğini belirtmişlerdir. Kurutma ajanı konsantrasyonunun 0'dan 5g/100g' a yükselmesiyle yığın yoğunluğunun %13 oranında arttığını belirtmişlerdir.

Şahin-Nadeem et al. (2011) yaptıkları çalışmada, dağ çayının sulu ekstraktını farklı kurutma ajanları ile (β-siklodekstrin, gam Arabik, ve maltodekstrin (MD19 and MD12) püskürtmeli kurutucuda kurutmuş (145-165°C/75°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) ve hava giriş sıcaklığının yığın yoğunluğu üzerinde istatistiksel bir etkisi bulunmadığı ($p>0.01$), ancak kurutma ajanı tipi ve konsantrasyonunun yığın yoğunluğunu istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilediğini ($p<0.01$) gözlemlemişlerdir. En yüksek yığın yoğunluğu değerine sahip tozların β-siklodekstrin içerenler olduğunu, bunu sırasıyla maltodekstrin içerenler (MD19> MD12) ve gam Arabik içerenlerin takip ettiğini belirtmişlerdir.

Maltodekstrin içeren havuç suyu tozu için elde edilen bulgular literatürle uyum içerisindedir. Ayrıca literatürde kurutma ajanı konsantrasyonunun yığın yoğunluğu üzerinde istatistiksel etkisi olmadığı (Tewa-Tagne et al., 2007) ya da azalttığı (Muzaffar and Kumar, 2016; Bhusari et al., 2014; Yousefi et al., 2011; Goula and Adamopoulos, 2008; Abadio et al., 2004) yönünde bulunan sonuçlar mevcuttur. Yığın yoğunluğundaki azalmanın kurutma ajanı ilavesiyle beslemenin viskozitesinin artmasına bağlı olarak partikül boyutundaki artıştan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Kurutma ajanı ilavesiyle termoplastik partikül yapışkanlığı azaltılmış ve kullanılan kurutma ajanının film oluşturma kapasitesine bağlı olarak partiküller arasında tutulan hava miktarı artmış olabileceği belirtilmiştir (Goula and Adamopoulos, 2010). Yapılan bu çalışmada da peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerleri kurutma ajanı konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmaktadır. Bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

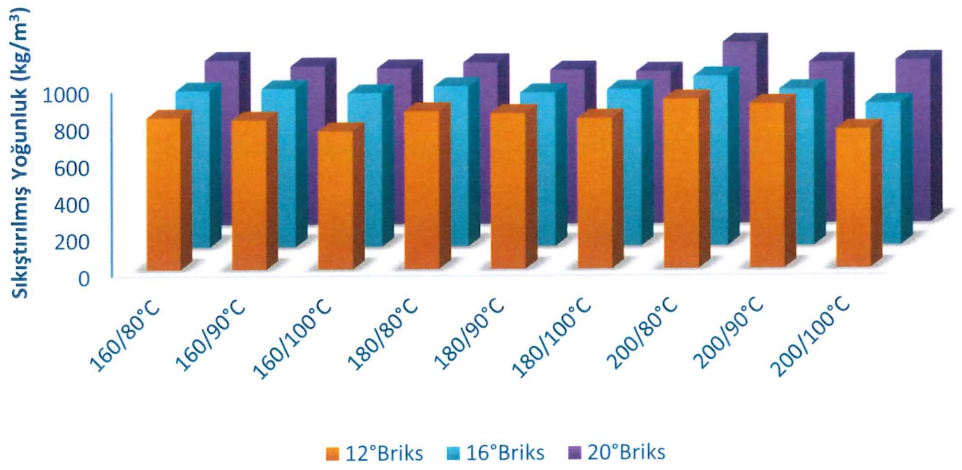
Bhusari et al. (2014) yaptıkları çalışmada, Hint hurmasını su ile ekstrakte etmişler ve ekstrakta farklı oranlarda maltodekstrin (20DE, %40, 50 ve 60), gam Arabik (%40, 50 ve 60) ve peynir altı protein konsantresi (protein içeriği %70) ilave edip saf suyla sulandırarak besleme suda çözünür kuru madde içeriğini 20°Briks'e standardize ederek püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlardır. Elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluklarının 391kg/m^3 ile 685kg/m^3 arasında değiştiğini ve en yüksek yığın yoğunluğu değerine sahip olan tozların maltodekstrin içerenler, en düşük yığın yoğunluğu değerine sahip olan tozların ise peynir altı protein konsantresi içeren tozlar olduğunu gözlemlemişlerdir. Maltodekstrin içeren tozların yığın yoğunluğunun yüksek

olmasının nedeninin, maltodekstrin ilavesiyle beslemede az viskozite değişimi meydana geldiğinden daha küçük partikül boyutlu toz ürün eldesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerleri incelendiğinde; en yüksek yığın yoğunluğu değerleri maltodekstrin içeren tozlarda gözlenirken (ortalama 622.34kg/m^3); en düşük yığın yoğunluğu peynir altı suyu tozu (ortalama 551.95kg/m^3) içeren örneklerde gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin peynir altı suyunun film oluşturma kapasitesi nedeniyle partiküller arasında hava tutmuş olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

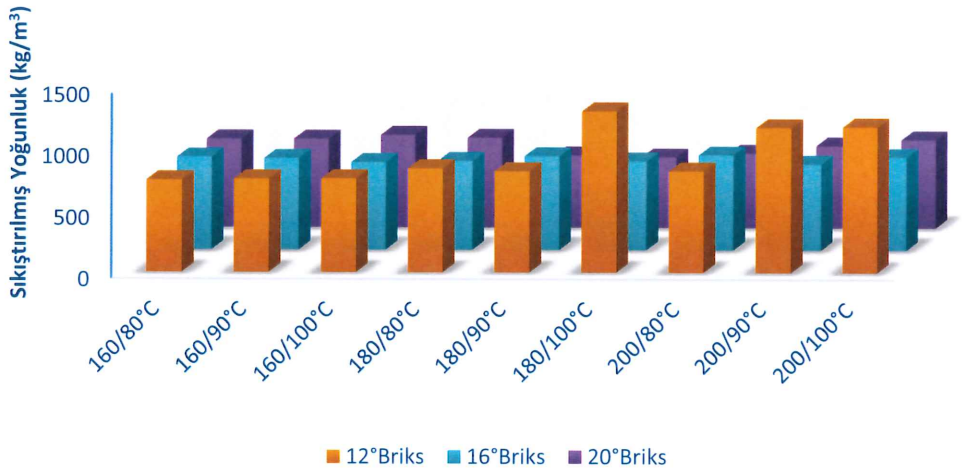
4.2.12.5. Sıkıştırılmış Yoğunluk

Toz ürünlerin sıkıştırılmış yoğunluk değeri, sıkıştırılabilirlikleriyle ilgili olup; partiküller arasındaki hava boşluklarını ifade etmektedir. Yüksek yığın yoğunluğu değerleri, toz partiküller arasındaki havanın boşluklarının az olduğu göstermektedir. Partiküller arasında bulunan oksijen, oksidatif reaksiyonlara neden olduğu için toz ürünlerin stabilitesini etkilemektedir (Barbosa-Cánovas and Juliano, 2005). Freuding et al. (1999), düşük sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerine sahip tozların daha yüksek ıslanabilirlik değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Farklı kurutma ajanlarının ve işlem koşullarının havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu üzerine etkisi Şekil 4.96-4.98'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-39'da verilmiştir.



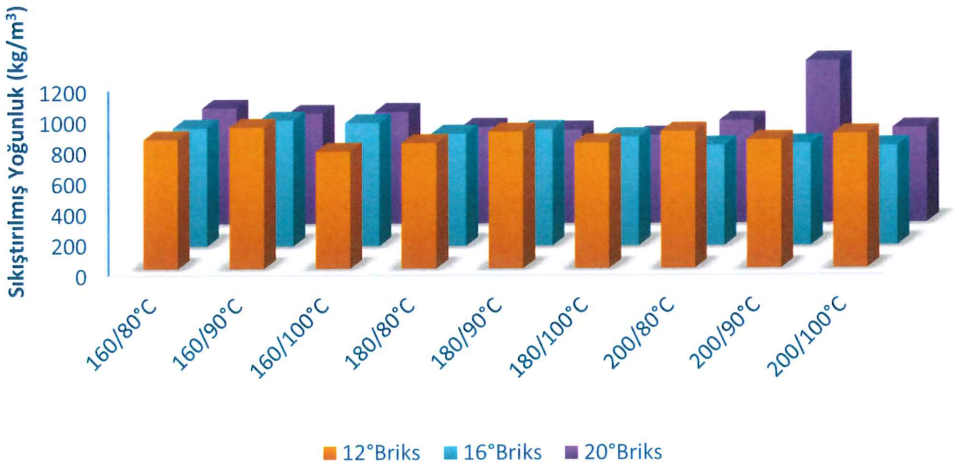
Şekil 4.96. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m^3)

Şekil 4.96 incelendiğinde; havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin hava giriş sıcaklığı ve maltodekstrin konsantrasyonuyla istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı; hava çıkış sıcaklığındaki artışla ise istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılmış yoğunluk değerleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama, 835.80, 844.71 ve 870.10kg/m^3 ve 887.20, 849.89 ve 813.53kg/m^3 olarak bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin 12 °Briks'ten (ortalama 828.94kg/m^3) 16 °Briks'e (ortalama 848.08kg/m^3) artmasıyla sıkıştırılmış yoğunluk değerinde yaklaşık %2.31'lük bir artış meydana gelirken, 16 °Briks'ten 20 °Briks'e (ortalama 873.60kg/m^3) artmasıyla ise yaklaşık %3 oranında artış gözlenmiştir.



Şekil 4.97. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m³)

Şekil 4.97 incelendiğinde havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin, yığın yoğunluğu değerlerine benzer bir eğilim gösterdiği ve peynir altı suyu tozu konsantrasyonuyla istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılmış yoğunluk değerleri, 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 937.79, 737.41 ve 673.40kg/m^3 olarak bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin 12°Briks'ten 16°Briks'e artmasıyla sıkıştırılmış yoğunluk değerinde yaklaşık %21.37'lik bir azalış meydana gelirken, 16°Briks'ten 20°Briks'e artmasıyla ise yaklaşık %8.68 oranında azalış gözlenmiştir. Hava giriş ve çıkış sıcaklığı arttıkça peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değeri genel olarak artmıştır ($p<0.05$). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılmış yoğunluk değerleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama 739.48, 785.48 ve 823.64kg/m^3 ve 746.11, 770.38 ve 832.11kg/m^3 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.98. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu (kg/m^3)

Şekil 4.98 incelendiğinde; gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin, yığın yoğunluğu değerleriyle benzer bir eğilim gösterdiği ve gam Arabik konsantrasyonuyla istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılmış yoğunluk değerleri 12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlar için sırasıyla 849.17, 727.64 ve 704.41kg/m^3 olarak bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin 12°Briks'ten 16°Briks'e artmasıyla sıkıştırılmış yoğunluk değerinde yaklaşık %14.31'lik bir azalış meydana gelirken, 16°Briks'ten 20°Briks'e artmasıyla ise yaklaşık %3.19 oranında azalış gözlenmiştir. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılmış yoğunluk değerleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıkları için ortalama 789.73, 725.09 ve 766.40kg/m^3 ve 749.67, 806.94 ve 724.62kg/m^3 olarak bulunmuştur.

Goula and Adamopoulos (2010), kurutma ajanı ilavesiyle termoplastik partikül yapışkanlığı azaltılmış ve kullanılan kurutma ajanının film oluşturma kapasitesine bağlı olarak partiküller arasında tutulan hava miktarının artmış olabileceğini belirtilmiştir. Peynir altı suyu tozu proteinlerinin film oluşturma kapasitesi nedeniyle partiküller arasında tutulan hava miktarı artmış ve buna bağlı olarak sıkıştırılmış yoğunluk değerinin de artmış olabileceği düşünülmektedir.

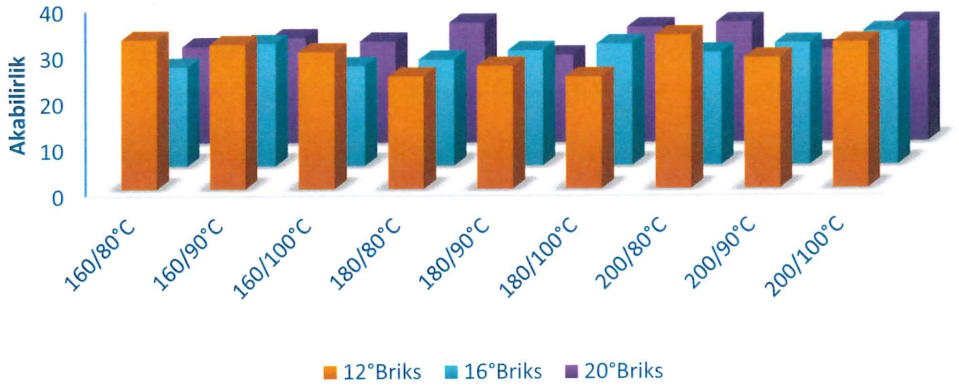
Havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri incelendiğinde; en yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değerleri maltodekstrin içeren tozlarda gözlenirken (ortalama 850.205kg/m^3); en düşük sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ise gam Arabik (ortalama 760.41kg/m^3) içeren tozlarda gözlenmiştir. Havuç suyu tozlarının ortalama sıkıştırılma yüzdesi hesaplanmış ve maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için sırasıyla %26.75, %28.13 ve %22.16 olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlara göre en çok partiküller arası hava bulunan havuç suyu tozları peynir altı suyu tozu içeren tozlardır. Bu durumun nedeninin peynir altı suyu tozunun film oluşturma kapasitesine bağlı olarak partiküller arasında daha fazla hava hapsetmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.2.12.6. Akabilirlik ve Yapışkanlık

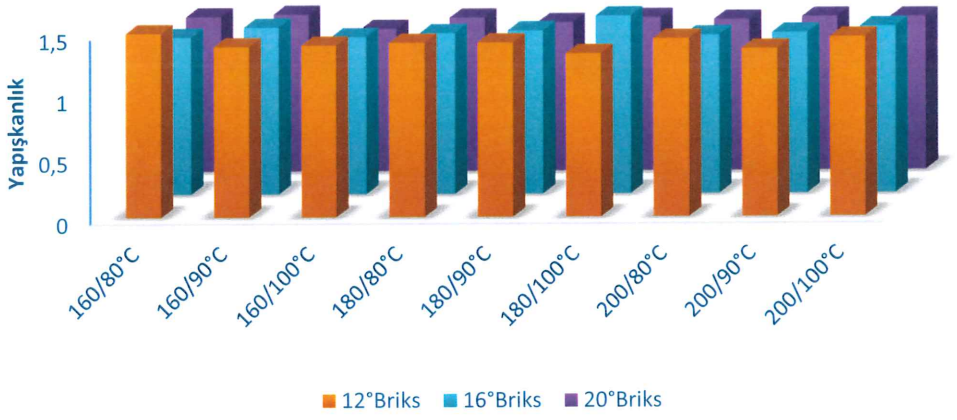
Toz ürünlerin yapışkanlık ve akabilirlik özellikleri; paketleme, ölçüm, taşıma, dolum, depolama, karıştırma ve doz ayarlama gibi işlemleri etkilediğinden üretici ve son kullanıcı için önemli kalite kriterleridir. Toz ürünlerin akabilme özelliği; nem içeriği, doğal kayma açısı, partikül dağılımı ile ilgili kompleks bir özelliktir (Jaya and Das, 2005). Küçük partikül boyutuna sahip tozların düşük akabilirlik davranışının temel nedeni, tozun birim kütlesi başına düşen geniş yüzey alanıdır. Bu durum toz partiküller arasında daha fazla temas alanı yaratarak, kohezif ve sürtünme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır (Fitzpatrick, 2005; Fitzpatrick et al., 2004). Ayrıca yüksek yağ içeriği toz ürünlerin düşük akabilirlik davranışına sahip olmasına neden olmaktadır (Fitzpatrick et al., 2004). Jinapong et al. (2008) yaptıkları çalışmada, partikül boyutunda meydana gelen küçük değişimlerin soya sütü tozunun akabilirlik davranışını büyük ölçüde etkilemediği, ancak aglomerasyon işlemi ile elde ettikleri farklı büyüklükteki (10 veya 100 kat) partikül boyutlarının akabilirliği önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Iqbal and Fitzpatric (2008) ve Fitzpatric et al. (2007), yüksek nem içeriğinin partiküller arasındaki kohezyonu arttırarak, yüksek yapışkanlık ve düşük akabilirlik eğilimine sahip toz oluşumuna neden olduğunu belirtmişlerdir.

Havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışı Carr Indeks ve Hausner Oranı, yapışkanlık davranışı ise Hausner Oranı'na göre değerlendirilmiştir (Çizelge 3.7). Farklı kurutma ajanlarının ve işlem koşullarının havuç suyu tozlarının akabilirlik

ve yapışkanlık davranışı üzerine etkisi Şekil 4.99-4.104'de, istatistiksel analiz sonuçları (ANOVA) ise EK-39'da verilmiştir.



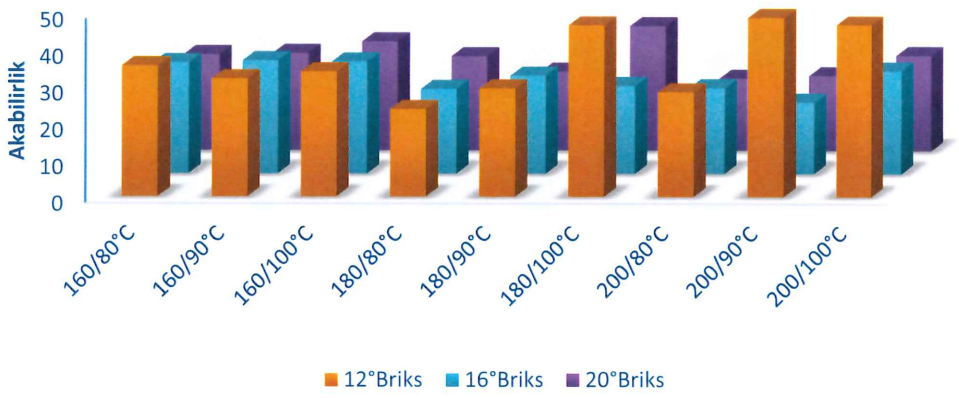
Şekil 4.99. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri



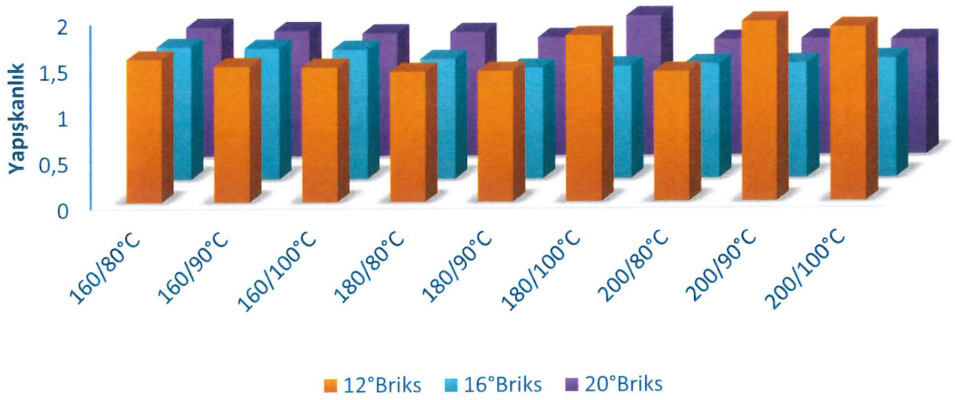
Şekil 4.100. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri

Şekil 4.99 ve 4.100 incelendiğinde; maltodekstrin konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının yapışma eğiliminin azaldığı ve akabilirlik davranışının iyileştiği görülmektedir. Bu durumun nedeninin artan kuru madde içeriğiyle birlikte

son üründe kalan nemin genel olarak azalmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Nem içeriği partiküller arası kohezyonu arttırdığından toz ürünlerin akailirlik davranışını olumsuz yönde etkileyerek yapışkanlık davranışını desteklemektedir. Kuru madde içeriği 12°Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri sırasıyla 24.38-33.27 (geçebilir ve çok zayıf) ve 1.33-1.55 (yüksek) arasında değişmektedir. Kuru madde içeriği 16 ve 20°Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri ise sırasıyla; 21.50-28.95 ve 1.28-1.45 (geçebilir-zayıf) ve 19.13-26.60 ve 1.16-1.28 (orta-zayıf) arasında değişmektedir. Hava giriş sıcaklığı arttıkça 12°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri genel olarak önce azalıp sonra artarken, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozlarınki genelde artmıştır. Sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığı arttıkça 12 ve 20°Briks kuru madde içeriği için CI ve HR değerleri genel olarak önce azalıp sonra artarken, 16°Briks kuru madde içeriği için genelde artmıştır ($p<0.05$).



Şekil 4.101. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri

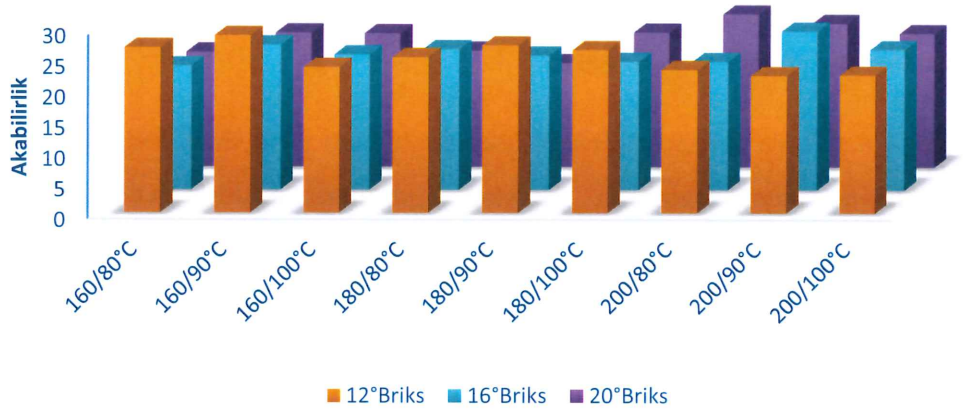


Şekil 4.102. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri

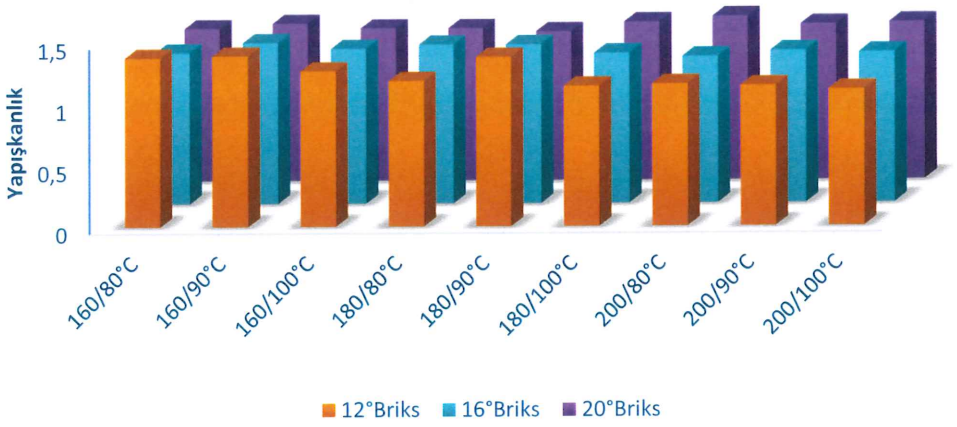
Şekil 4.101 ve 4.102 incelendiğinde; peynir altı suyu tozu konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının yapışma eğiliminin azaldığı ve akabilirlik davranışının iyileştiği görülmektedir. Kuru madde içeriği 12°Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri sırasıyla 23.79-48.80 (geçebilir ve çok çok zayıf) ve 1.41-1.95 (yüksek) arasında değişmektedir. Kuru madde içeriği 16 ve 20°Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri ise sırasıyla; 19.42-30.76 ve 1.20-1.43 (orta-zayıf) ve 19.65-29.67 ve 1.25-1.51 (orta-zayıf) arasında değişmektedir. Hava giriş sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının CI ve HR değerleri genel olarak önce azalmış sonra ise artmıştır ($p<0.05$). Hava çıkış sıcaklığının akabilirlik ve yapışkanlık davranışı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ($p<0.05$) ancak havuç suyu tozunun akabilirlik ve yapışkanlık davranışında belirgin bir eğilim saptanamamıştır.

SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) ortalama partikül boyutları hesaplandığında peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının genel olarak partikül boyutunun diğer kurutma ajanları içerenlere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Toz ürünlerin morfolojileri ve partikül boyutu ile ilgili detaylı bilgi 4.2.14 Havuç Suyu Tozlarının Morfolojik Yapıları başlığı altında verilmiştir). Küçük partikül boyutuna sahip tozların düşük akabilirlik davranışı ve yüksek

yapşkanlık özelliği gösterdiği bilinmektedir (Fitzpatrick, 2005; Fitzpatrick et al., 2004). Ayrıca, havuç suyu tozlarının nem içerikleri incelendiğinde, en yüksek nem içeriğine sahip havuç suyu tozlarının peynir altı suyu tozu içerenler olduğu gözlenmiştir. Yüksek nem içeriğinin partiküller arasındaki kohezyonu arttırarak, yüksek yapışkanlık ve düşük akabilirlik eğilimine sahip toz oluşumuna neden olduğunu belirtmiştir (Iqbal and Fitzpatric, 2008, Fitzpatric et al., 2007). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının genel olarak sergilediği zayıf akabilirlik ve yüksek yapışkanlık davranışının nedeninin yüksek nem içeriği ve küçük partikül boyutu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.103. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerleri



Şekil 4.104. Farklı hava giriş/çıkış sıcaklıklarında (°C) kurutulan farklı konsantrasyonlarda (12, 16 ve 20°Briks) gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerleri

Şekil 4.103 ve 4.104 incelendiğinde; gam Arabik konsantrasyonu arttıkça havuç suyu tozlarının yapışma eğiliminin azaldığı ve akabilirlik davranışının ise iyileştiği görülmektedir ($p<0.05$). Kuru madde içeriği 12 °Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri sırasıyla 25.50-29.02 (zayıf) ve 1.14-1.39 (yüksek) arasında değişmektedir. Kuru madde içeriği 16 ve 20°Briks olan havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen tozların CI ve HR değerleri ise sırasıyla; 21.50-26.15 ve 1.19-1.31 (geçebilir-zayıf) ve 17.21-25.19 ve 1.21-1.33 (orta-geçebilir) arasında değişmektedir. Hava giriş sıcaklığının akabilirlik ve yapışkanlık davranışı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ($p<0.05$) ancak havuç suyu tozunun akabilirlik ve yapışkanlık davranışında belirgin bir eğilim saptanamamıştır. Sabit hava giriş sıcaklığında, hava çıkış sıcaklığı arttıkça havuç suyu tozlarının CI ve HR değerlerinin genel olarak önce artıp sonra azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) ortalama partikül boyutları hesaplandığında gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının genel olarak partikül boyutunun diğer kurutma ajanları içerenlere göre daha büyük olduğu gözlenmiştir (Toz ürünlerin morfolojileri ve partikül boyutu ile ilgili detaylı bilgi 4.2.14 Havuç Suyu Tozlarının Morfolojik Yapıları başlığı altında verilmiştir.).

Havuç suyu tozlarının nem içerikleri incelendiğinde, en düşük nem içeriğine sahip havuç suyu tozlarının gam Arabik içerenler olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının genel olarak diğer kurutma ajanlarına kıyasla daha iyi akabilirlik ve yapıkanlık davranışı sergilemesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak en yüksek yapışkanlık davranışı en yüksek nem içeriği ve en düşük partikül boyutuna sahip peynir altı suyu tozu içeren örneklerde gözlenmiş ve bu durum peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışını olumsuz yönde etkilemiştir. En düşük yapışkanlık değeri ise en düşük nem içeriğine ve en yüksek partikül boyutuna sahip gam Arabik içeren tozlarda gözlenmiştir.

Hint hurmasının sulu ekstraktının püskürtmeli kurutucuda kurutulduğu bir çalışmada kurutma ajanı olarak farklı oranlarda maltodekstrin (20DE), gam Arabik ve peynir altı protein konsantresi kullanılmış ve Carr İndeks ve Hausner Oranının sırasıyla 19.3417 ile 34.1611 ve 1.2667 ile 1.5188 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Maltodekstrin ve gam Arabik ilavesinin %40 olduğu toz örneklerin yüksek oranda yapışma eğilimi gösterdiğini ve akabilirliğinin kötü olduğunu belirtmişlerdir. Sadece %20 oranında peynir altı protein konsantresi kullanılarak üretilen tozların orta düzeyde akış karakteristiği sergilediğini, bu durumun partikül boyutunun yüksek olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Hint hurması sulu ekstraktına peynir altı protein konsantresi ilavesiyle viskozite artmış ve büyük partiküller oluşmuştur. Partikül boyutundaki artış birim kütle başına düşen yüzey alanının azalmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak partiküller arası bağlanma ve interaksiyonlar azalarak kohezyon önlenmekte ve toz ürünlerin akabilirliği artmaktadır. Diğer bir taraftan nem içeriğindeki artışın toz ürünlerin partikülleri arasındaki kohezyonu arttırdığı belirtilmiştir (Bhusari et al., 2014).

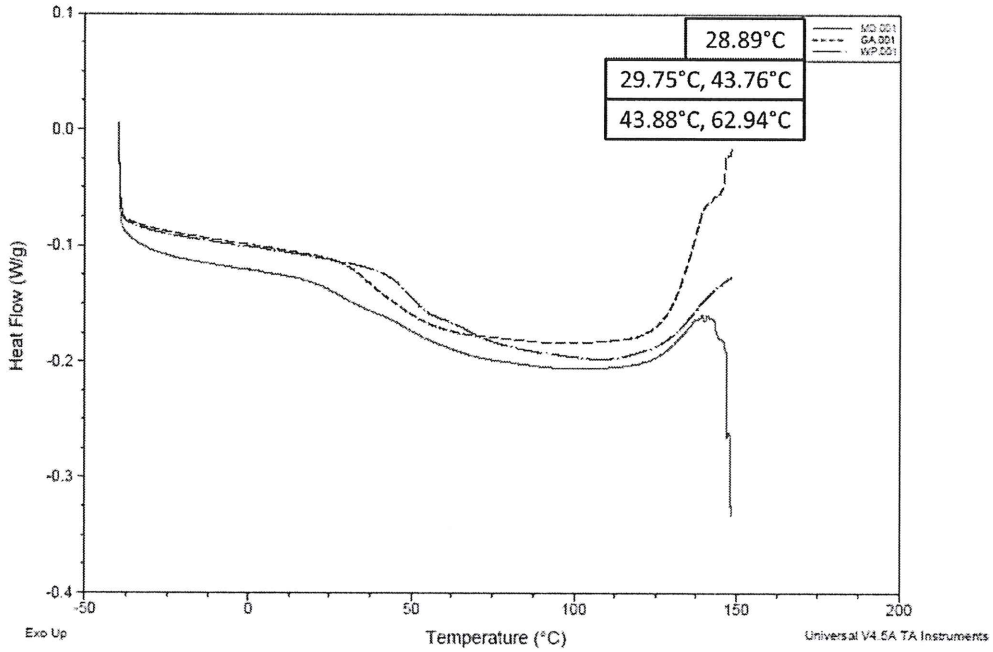
Muzaffar and Kumar (2016) yaptıkları çalışmada hint hurmasının sulu ekstraktını maltodekstrin (20DE) ve soya protein izolatı ilavesiyle püskürtmeli kurutucuda kurutmuşlar (160°C hava giriş sıcaklığında) ve artan kurutma ajanı konsantrasyonuyla yapışkanlık değerinin azaldığını ve buna bağlı olarak daha serbest akan tozlar oluştuğunu, farklı konsantrasyonlarda kurutma ajanı içeren tozların kohezyon indeksindeki farklılıkların nem içeriğinden ve partikül boyutundan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada da benzer bir

şekilde, artan kurutma ajanı konsantrasyonuna bağlı olarak CI ve HR değerleri azalmış ve yapışkanlık davranışı azalırken daha serbest akan tozlar oluşmuştur.

Bulunan sonuçların aksine, Shishir et al. (2012) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda maltodekstrin içeren (10DE, %10-20) pembe guava püresini püskürtmeli kurutucuda (150-170°C hava giriş sıcaklığı ve 350ml/h besleme akış hızı) kurutmuşlar ve maltodekstrin konsantrasyonuna bağlı olarak CI ve HR değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar hava giriş sıcaklığındaki artışın guava püresi tozlarının CI ve HR değerlerini arttırdığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada benzer bir şekilde 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip maltodekstrin içeren ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip gam Arabik içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edilen havuç suyu tozlarının CI ve HR değerleri genel olarak hava giriş sıcaklığının artmasıyla artmıştır. Ayrıca, genel olarak havuç suyu tozlarının CI ve HR değerleri 160°C hava giriş sıcaklığından 180°C hava giriş sıcaklığına yükseltildiğinde azalsa da, 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan toz ürünlerin CI ve HR değerleri yüksek bulunmuştur. Bu durumun yüksek sıcaklıklarda ani kurumaya bağlı kabuk oluşumundan dolayı üründe nemin hapsolmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Üründe hapsolan nemin yüzeye difüze olmasıyla toz ürünün akabilirlik ve yapıkanlık davranışı olumsuz yönde etkilenmektedir. Yüksek nem içeriğinin toz partiküller arasındaki kohezyonu arttırdığı literatürde belirtilmiştir. Bu nedenle ürünlerin yapışma eğilimi artmaktadır.

4.2.13Havuç Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklıkları

Camsı geçiş sıcaklığı, depolama boyunca ürün stabilitesini göstermektedir (Ferrari et al., 2013). Toz ürünlerin camsı geçiş sıcaklığı ürünün kimyasal kompozisyonundan (şeker ve organik asit) ve su içeriğinden etkilenmektedir. Toz ürünlerin çok az bile nem kapması camsı forma dönüşmesine neden olabilir. Bu nedenle, toz ürünlerin nem geçirgenliği olmayan paketleme materyalleri ile paketlenerek depolanması gerekmektedir (Tontul and Topuz, 2017). Depolama için seçilen havuç suyu tozlarının (12°Briks, 160/80°C), camsı geçiş sıcaklıkları belirlenmiş ve DSC termogramı Şekil 4.105'de verilmiştir.



Şekil 4.105. Havuç Suyu Tozlarının Camsı Geçiş Sıcaklıkları

Şekil 4.105'de yeşil eğri maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığını, siyah eğri gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığını, mavi eğri ise peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığını göstermektedir. En düşük camsı geçiş sıcaklığı değeri maltodekstrin içeren örneklerde gözlenirken, bunu sırasıyla gam Arabik ve peynir altı suyu tozu içerenlerin takip ettiği gözlenmiştir. Maltodekstrin içeren tozlarda tek sıcaklık kırılması gözlenirken, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren örneklerde iki ayrı kırılma gözlenmiştir.

Bhusari et al. (2014), 20DE maltodekstrin, gam Arabik ve peynir altı suyu konsantresinin (%70 protein içeriğine sahip) camsı geçiş sıcaklığının sırasıyla 139.83±1.6°C, 163.26±2.2°C ve 145.44±1.18°C olduğunu belirtmiştir. Ayrıca literatürdeki veriler incelendiğinde, 20DE maltodekstrin, gam Arabik ve peynir altı suyu konsantresinin camsı geçiş sıcaklığı sırasıyla 141°C (Boonyai et al., 2004), 160–232°C (Nurhadi et al., 2012) ve 150.76°C-153°C (Fang and Bhandari, 2012; Matveev et al., 1997) olarak ölçülmüştür.

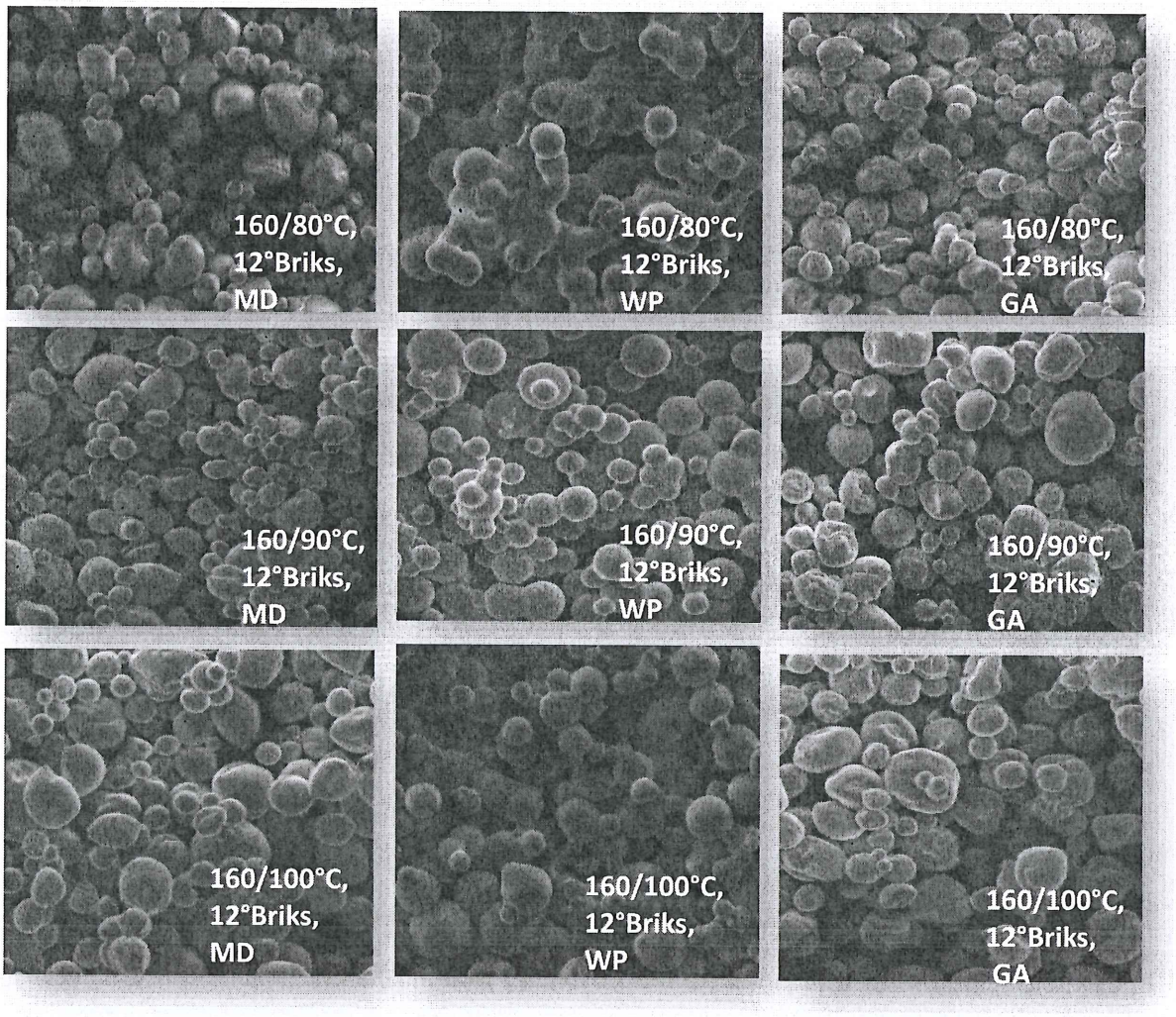
Kingwatee et al. (2015), gam Arabik içeren liçi suyu tozunun camsı geçiş sıcaklığının, maltodekstrin içeren liçi suyu tozundan daha büyük olduğunu belirtmiştir. Bu durumun nedenini, kurutma ajanlarının farklı molar kütlelere sahip

olması olarak açıklamışlardır. Can Karaca et al. (2016) ve Yousefi et al. (2011) benzer bir etkiyi vişne ve nar suyu tozları için gözlemişlerdir. Yapılan bu tez çalışmasında da gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığı, maltodekstrin içerenlerden daha büyük bulunmuştur. Bulunan sonuçlar literatürle uyum içerisindedir.

4.2.14 Havuç Suyu Tozlarının Morfolojik Yapıları

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, toz ürünlerin morfolojik yapısı yaygın olarak incelenmektedir. Toz ürünlerin morfolojik yapısı üzerine hava giriş sıcaklığı, atomizasyon basıncı, besleme akış hızı, kullanılan kurutma ajanı ve konsantrasyonunun etkili olduğu belirtilmiştir (Tonon et al., 2009; Ferrari et al., 2011). Genel olarak püskürtmeli kurutucu ile elde edilen toz ürünler farklı boyutlarda küresel şekilli partiküllerden oluşmakta olup, düşük hava giriş sıcaklığında kurutulan ürünler düşük ısı transfer hızı ve su buharlaşması nedeniyle bükülebilir bir yapıya sahip olduğundan büzüşmüş bir yapıya sahiptirler (Tonon et al., 2009). Yüksek hava giriş sıcaklıklarında kurutulan ürünler düz yüzeye sahip kalın kabuklu partiküller oluşturma eğilimindedir (Tonon et al., 2009; Ferrari et al., 2011). Yüksek sıcaklıklarda ani kurumaya bağlı kabuk oluşumu toz ürünlerin morfolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Gharsallaoui et al. (2008) kabuk oluşumu nedeniyle damlacık içinde tutulan hava kabarcıklarının genişlemesiyle partiküllerde deliklerin oluşacağını ve büzüşme ile sonuçlanacağını belirtmişlerdir.

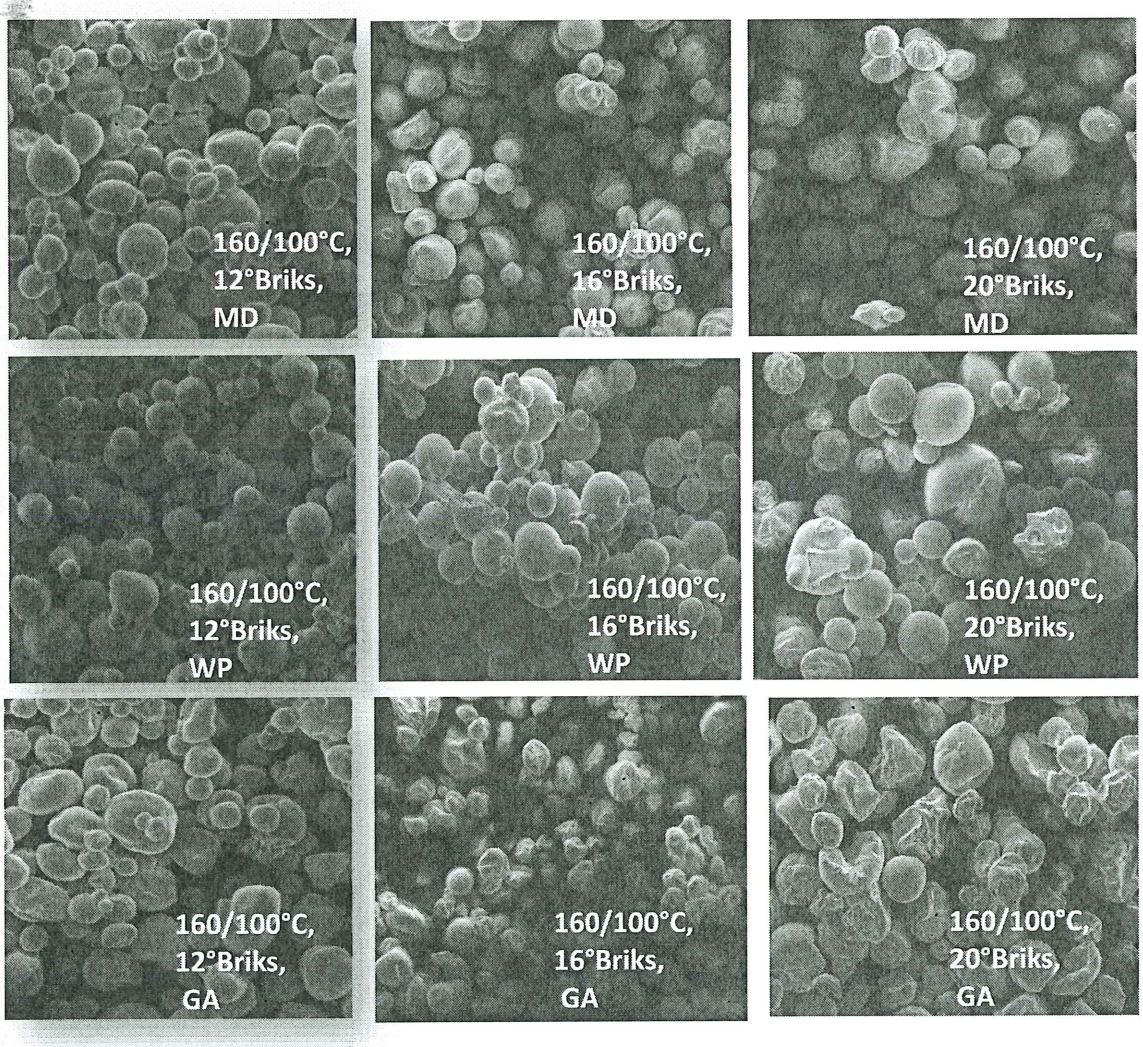
Havuç suyu tozlarının morfolojik yapılarını belirlemek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) ile görüntüler alınmıştır. Farklı hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının, kurutma ajanı ve konsantrasyonlarının havuç suyu tozlarının morfolojik yapısı üzerine etkisi Şekil 4.106-4.108'de verilmiştir



Şekil 4.106. Sabit hava giriş sıcaklığında (160°C) ve kuru madde içeriğinde (12°Briks), farklı kurutma ajanları kullanılarak farklı hava çıkış sıcaklıklarında (80, 90 ve 100°C) üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x)

Şekil 4.106 incelendiğinde, farklı kurutma ajanları içeren havuç sularının püskürtmeli kurutucuda kurutulmasıyla genel olarak küresel şekilli ve farklı boyutlarda partiküllerin oluştuğu görülmektedir. 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulan peynir altı suu tozu içeren havuç suyu tozlarında (12°Briks) küre şeklinde yapı oluşmadığı gözlenmiştir. Oluşan kapsüller incelendiğinde peynir altı suyu tozu içeren tozların küresel bir şekle sahip olduğu (80°C hava çıkış sıcaklığında kurutulanlar hariç), çökme ve büzüşmelerin olmadığı; genel olarak maltodekstrin içeren tozlarda da çökmelerin olmadığı, ancak gam Arabik içeren kapsüllerde büzüşme ve çökmeler olduğu gözlenmektedir. En düzgün küresel şekle

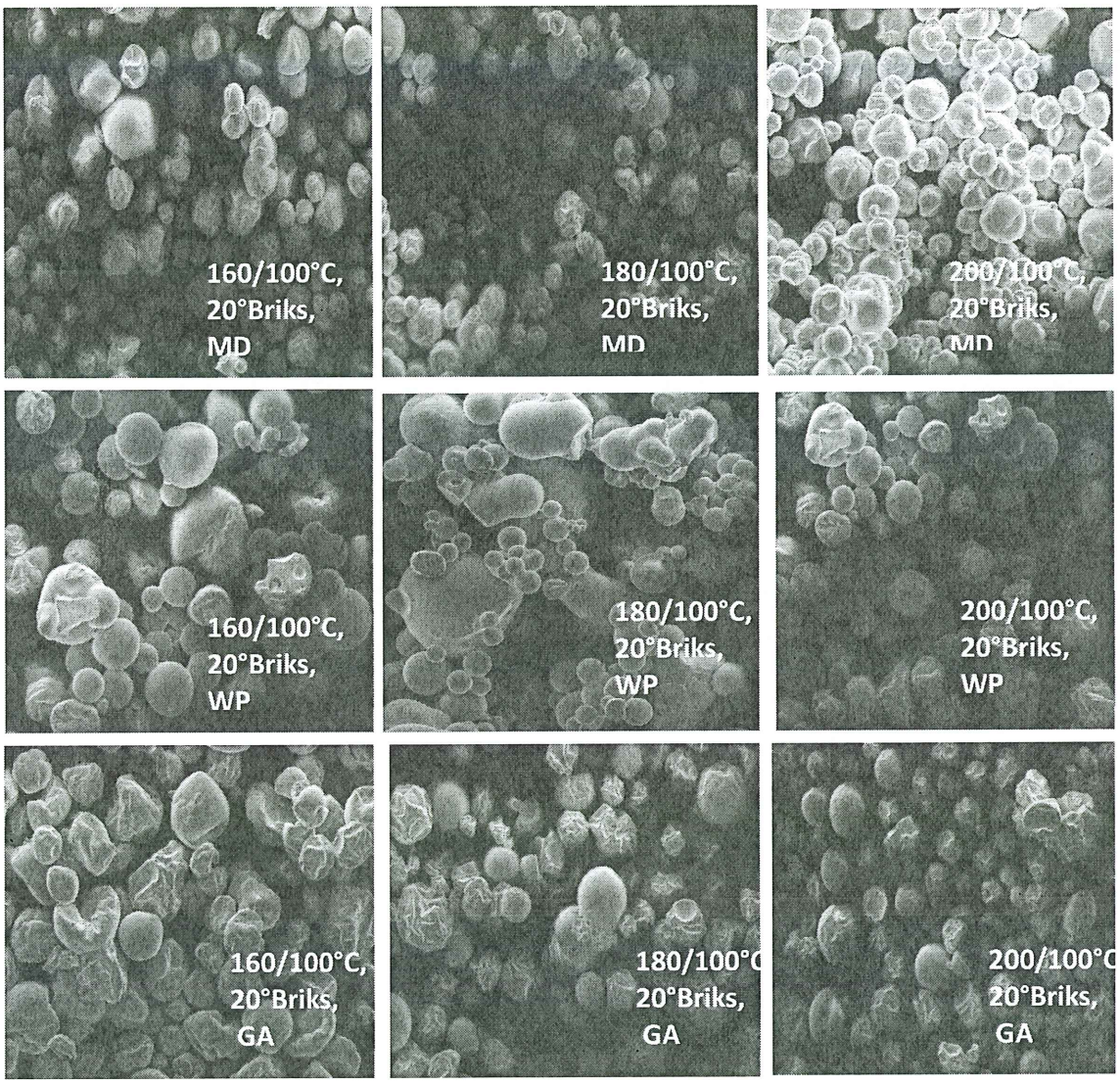
sahip olan tozların 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sahip olduğu gözlenmiştir. SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (160° giriş sıcaklığında, 12°Briks) ortalama partikül boyutları en az altı paralel olacak şekilde ölçülmüştür. 160/80°C, 160/90°C ve160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklıklarında kurutulan maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için sırasıyla 12.0-16.0μm, 13.5-17.4μm ve 13.6-18.5μm aralığında değiştiği gözlenmiştir. En büyük partikül boyutuna sahip havuç suyu tozlarının gam Arabik içeren havuç suyu tozları olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.107 Sabit hava giriş/çıkış sıcaklığında (160/100°C) farklı kurutma ajanları ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x)

Şekil 4.107. incelendiğinde, havuç suyu tozlarının genel olarak farklı boyutlarda küresel şekillere sahip olduğu görülmektedir. 160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının küresel yapı oluşsa da bazı partiküllerin küresel yapı oluşturamadığı gözlenmiştir. Genel olarak kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça partiküllerde büzüşmeler ve çatlamalar oluştuğu gözlenmiştir. En az çatlama ve büzüşmenin peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarında, en fazla ise gam Arabik içeren tozlarda olduğu gözlenmiştir. En düzgün küresel şekle sahip olan tozların peynir altı suyu tozu içerenler olduğu gözlenmiştir. SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığında) ortalama partikül boyutları en az altı paralel olacak şekilde ölçülmüştür. 12, 16 ve 20°Briks maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için sırasıyla 12.0-24.7µm, 13.5-19.5µm ve 18.5-23.0µm aralığında değiştiği gözlenmiştir. En büyük partikül boyutuna sahip havuç suyu tozlarının gam Arabik içeren havuç suyu tozları olduğu belirlenmiştir.

Bhusari et al. (2014) yaptıkları çalışmada Hint hurmasını su ile ekstrakte etmişler ve ekstrakta farklı oranlarda maltodekstrin (20DE, %40, %50 ve %60), gam Arabik (%40, %50 ve %60) ve peynir altı protein konsantresi (protein içeriği %70) ilave edip saf suyla sulandırarak besleme suda çözünür kuru madde içeriğini 20°Briks'e standardize ederek püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve toz ürünlerin morfolojik yapısını incelemişlerdir. Araştırmacılar kurutma ajanı konsantrasyonu arttıkça büzüşmelerin de arttığını bu durumun nedeninin ise; yüksek moleküllü kurutma ajanları arasından suyun zor uzaklaşmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. En çok büzüşmenin peynir altı protein konsantresi içeren tozlarda gözlendiğini, bunu sırasıyla gam Arabik ve maltodekstrin içeren tozların takip ettiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.108. Sabit hava çıkış sıcaklığında (100°C) ve besleme kuru madde içeriğinde (20°Briks), farklı hava giriş sıcaklıklarında ve kurutma ajanları kullanılarak üretilen havuç suyu tozlarının SEM görüntüleri (GA; Gam Arabik; MD; Maltodekstrin; PA; Peynir altı suyu Tozu, 1000x)

Hava giriş sıcaklığı arttıkça her üç kurutma ajanı için de kapsüllerde çatlama ve büzüşme oranının arttığı görülmektedir (Şekil 4.108). Bu durumun nedeninin, yüksek sıcaklıklarda meydana gelen kabuk oluşumu nedeniyle damlacık içinde tutulan hava kabarcıklarının genişlemesiyle partiküllerde meydana gelen büzüşmeden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SEM görüntüleri kullanılarak (x2500) farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının (100°C hava çıkış sıcaklığında, 20°Briks) ortalama partikül boyutları en az altı paralel olacak şekilde

ölçülmüştür. 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için sırasıyla 17.7-19.2μm, 14.6-18.8μm ve 21.8-30.7μm aralığında değiştiği gözlenmiştir. En büyük partikül boyutuna sahip havuç suyu tozlarının gam Arabik içeren havuç suyu tozları olduğu belirlenmiştir.

İdeal morfolojik yapıya sahip toz ürünlerin, tekdüze, küresel ve düz yüzeye sahip olduğu bilinmektedir. Havuç suyu tozlarının morfolojik yapıları incelendiğinde; peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının genel olarak 160°C hava giriş sıcaklığında küresel yapı oluşturamadığı ancak diğer kurutma ajanlarına kıyasla daha düz yüzeye ve küresel şekle sahip olduğu görülmüştür. En fazla büzüşme ve çatlamalar gam Arabik içeren tozlarda gözlenirken, hava giriş sıcaklığı arttıkça kapsüllerde çatlama ve büzüşme oranı artmıştır. Bu nedenle, morfolojik yapı bakımından peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozları en ideal morfolojiye sahiptir. Havuç suyunun içerdiği düşük molekül ağırlıklı şekerler, kuruma işlemi sırasında yüzeyin büzüşmesini engelleyerek plastikleştirici rol oynamış olabileceği düşünülmektedir.

Bae and Lee (2008) yaptıkları çalışmada avokado yağını sadece peynir altı suyu izolatı (WPI, %97 protein) ve peynir altı suyu izolatı-maltodekstrin karışımı (MD, 5DE, 90:10, 50:50 and 10:90 ağırlıkça) ile püskürtmeli kurutucuda (180/80°C hava giriş çıkış sıcaklığı) kurutmuşlar ve sadece peynir altı suyu izolatı ve peynir altı suyu izolatı-maltodekstrin karışımı (90:10) içeren tozların düz yüzeye sahip olduğunu yüzeyde neredeyse hiç çatlama olmadığını belirtmişlerdir.

Kuck and Norena (2016), yaptıkları çalışmada Bordo üzümü kabuğunun sulu ekstraktını, mikroenkapsüle etmek amacıyla gam Arabik, kısmi hidrolize guar gam ve polidekstroz kullanarak püskürtmeli (140°C hava giriş sıcaklığı) ve dondurarak kurutucuda (-57°C'de, 20μm Hg basınçta, 48h) kurutmuşlar ve morfolojik yapısını incelemişlerdir. Gam Arabik içeren püskürtmeli kurutucuda kurutulan tozların içe doğru kıvrık, pürüzlü yüzeye sahip olduğunu, bu durumun püskürtmeli kurutma işlemi sırasında ani su buharlaşmasından kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Kingwatee et al. (2015) yaptıkları çalışmada *Lactobacillus casei* içeren liçi suyunu maltodekstrin (10.5DE) ve gam Arabik ilavesi ile püskürtmeli kurutucuda

(150-170°C/60-90°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 15psi atomizör basıncı, 0.6-1l/h besleme hızı) kurutmuşlar ve morfolojik yapısını incelemişlerdir. Hem maltodekstrin hem de gam Arabik içeren liçi tozlarının düzenli olmayan küresel şekle sahip olduğunu, bazı kapsüllerin düz yüzeye sahipken bazılarının ise yüzeyinde çökmeler olduğunu ve büzüşme gözlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca SEM görüntülerine göre maltodekstrin içeren tozların gam Arabik içerenlere göre daha düz yüzeye sahip olduğunu ve büyük olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun maltodekstrin içeren tozların daha yüksek oranda çözünür olmasının nedeni olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca maltodekstrin içeren tozların yüksek nem içeriği ve su aktivitesi nedeniyle büyük partikül boyutuna sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan bu tez çalışmasında da benzer bir şekilde en fazla çatlama ve büzüşmeler gam Arabik içeren tozlarda gözlenmiştir.

4.2.15 Havuç Suyu Tozlarının Depolaması

Farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının depolama boyunca fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla, en az miktarda kurutma ajanı içeren (12°Briks), verimin %50'nin üzerinde olduğu (maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozu için sırasıyla %70.82, %59.36 ve %73.52), nem (<%5) ve su aktivitesi (0.3) değerinin belirlenen sınırlara uygun olduğu, renk değerlerinin orijinal ürüne en yakın olduğu, kimyasal özeliklerinin en iyi korunduğu ve en iyi toz özelliklerin gözlendiği (ıslanabilirlik ve çözünürlük) koşul olan 160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı seçilmiştir. Seçilen koşullarda üretilen havuç suyu tozları Şekil 4.109'da gösterilmiştir.



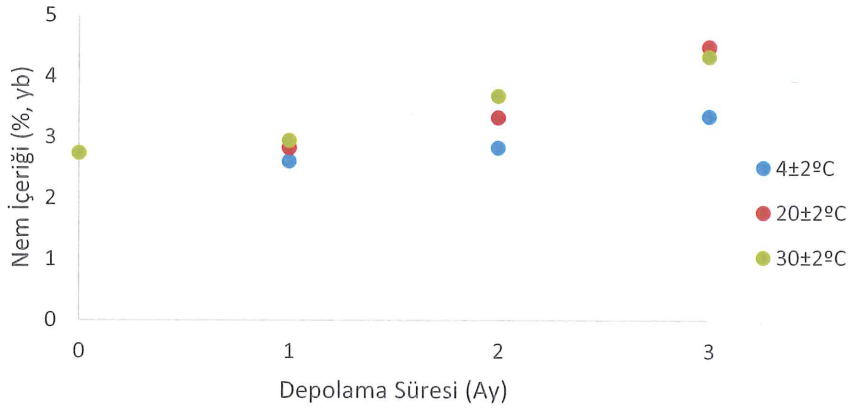
Maltodekstrin içeren Havuç suyu Tozu (12°Briks) | **Peynir Altı Suyu Tozu içeren Havuç suyu Tozu (12°Briks)** | **Gam Arabik içeren Havuç suyu Tozu (12°Briks)**

Şekil 4.109. Depolama için seçilen koşullarda üretilen farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozları

Toz gıdalar genellikle nem ve oksijene karşı korunmak amacıyla ısıya duyarlı lamine kat kat alüminyum tabakası içeren lamine alüminyum polietilen gibi ambalaj malzemesi kullanılarak ambalajlanmaktadırlar (Jaya and Das, 2005). Havuç suyu tozları alüminyum polietilen ambalaj malzemesi (%17 alüminyum-%83 polietilen) ile ambalajlanmış ve 3 farklı sıcaklıkta (4±2°C, 20±2°C ve 30±2°C) 3 ay süreyle depolanarak, depolama boyunca her ay toz ürünlerin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Depolama için tüketicilerin toz ürünleri depolama koşulları göz önüne alınarak; buzdolabı koşulları (4±2°C), yaz ve kış şartları dikkate alınarak ise yaklaşık oda sıcaklıkları seçilmiştir (20±2°C ve 30±2°C).

4.2.15.1. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Nem İçeriğinde Meydana Gelen Değişim

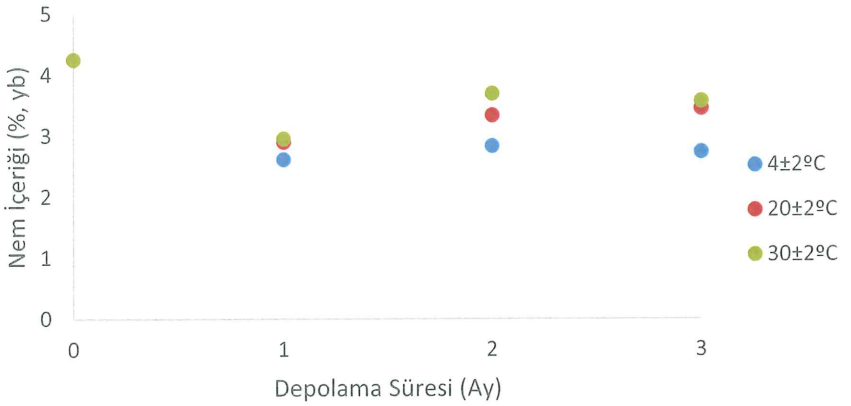
Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının nem içeriklerinde (%, yb) meydana gelen değişim Şekil 4.110-4.112'de verilmiştir.



Şekil 4.110. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim

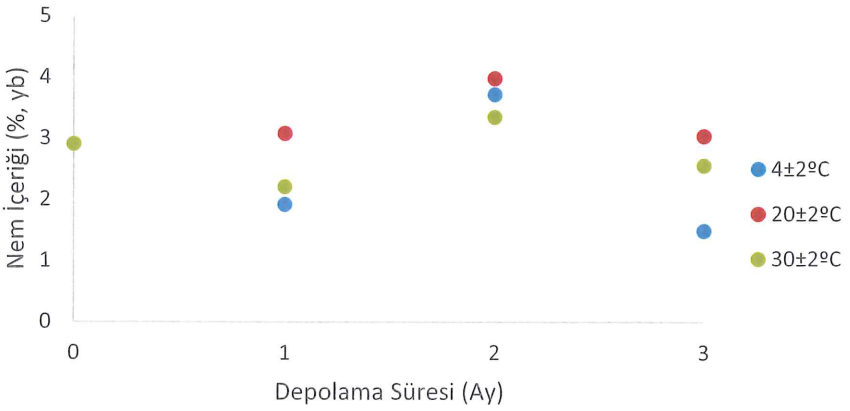
Şekil 4.110 incelendiğinde her üç depolama sıcaklığı için de depolama süresine bağlı olarak havuç suyu tozlarının nem içeriğinde artış meydana geldiği görülmektedir. 20ºC ve 30ºC'de depolanan havuç suyu tozlarının nem içeriği (%2.74) 3 ay depolama sonunda yaklaşık iki katına çıkmıştır ve sırasıyla %4.49 ve %4.33'e yükselmiştir. Farklı depolama sıcaklıkları için havuç suyu tozlarının nem içeriğinde meydana gelen eğilimin benzer olduğu gözlenmiş ve depolama

sıcaklığının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunurken (3. ay hariç, $p>0.05$), depolama süresi boyunca tozların nem içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$). 3 aylık depolama sonucunda, en düşük nem içeriği 4°C'de depolama sıcaklığında gözlenmiştir.



Şekil 4.111. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim

Şekil 4.111 incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da depolanan örneklerin nem içeriğinde ilk ay sonunda depolama ortamıyla meydana gelen nem dengelenmesi sonucunda azalma gözlendiği ve takip eden aylarda ise depolama süresine bağlı olarak artış meydana geldiği görülmektedir. Farklı depolama sıcaklıkları için havuç suyu tozlarının nem içeriğinde meydana gelen eğilimin benzer olduğu gözlenmiş ve depolama sıcaklığının peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), depolama süresi boyunca tozların nem içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$). 3 aylık depolama sonucunda, en düşük nem içeriği 4°C'de depolama sıcaklığında gözlenmiştir.



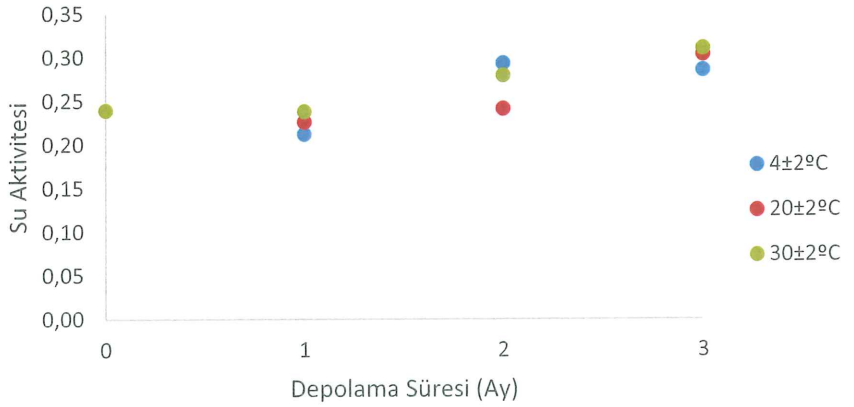
Şekil 4.112. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde (%, yb) meydana gelen değişim

Farklı depolama sıcaklıkları için gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriğinde meydana gelen eğilimin birbirine benzer olduğu gözlenmiş ve depolama sıcaklığının ve depolama süresinin nem içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 3 aylık depolama sonucunda, gam Arabik içeren havuç sularında en düşük nem içeriği 4°C'de depolama sıcaklığında gözlenmiştir.

Püskürtmeli kurutulmuş (180/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, atomizasyon hızı 35 000rpm ve besleme akış hızı 1ml/s) bal tozlarının (sodyum kazeinat, gam Arabik ve sodyum kazeinat + gam Arabik içeren) 20°C'de %30 bağıl nemde 12 hafta boyunca depolandığı bir çalışmada; nem içeriğinde ve su aktivitesi değerinde depolama süresince artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir (Samborska et al., 2015). Nem içeriğindeki ve su aktivitesindeki artışın çevreden olan nem kazanımından meydana geldiğini belirtilmiştir.

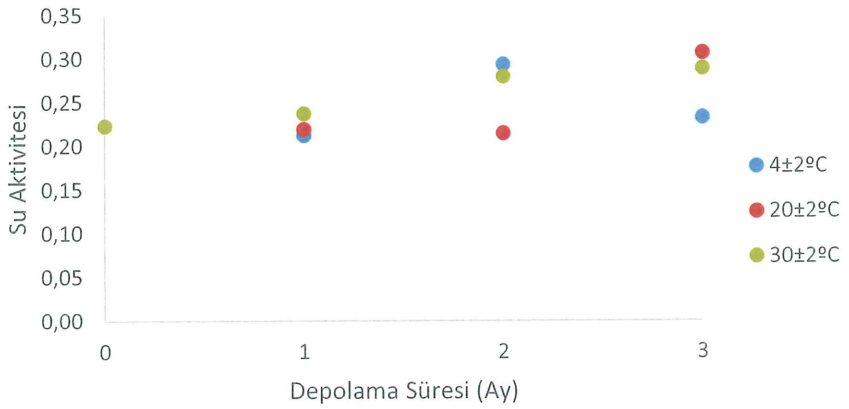
4.2.15.2. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Su Aktivitesi Değerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.113-4.115'de verilmiştir.



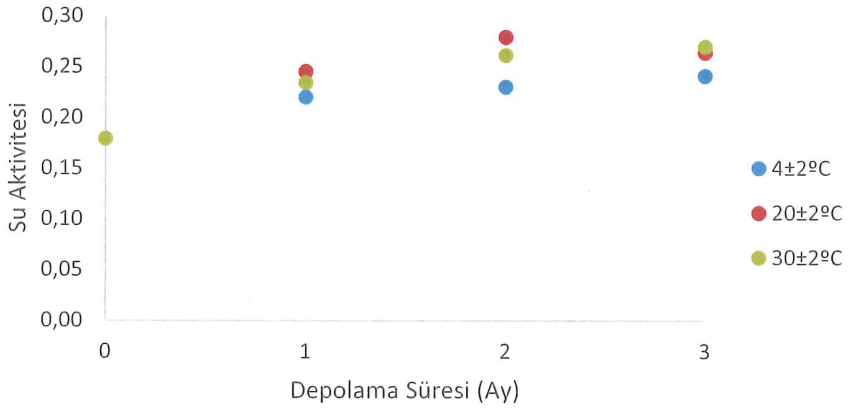
Şekil 4.113. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.113 incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da depolanan havuç suyu tozlarının su aktivitesi içeriğinde ilk ay sonunda depo ortamından meydana gelen nem kazanımı sonucunda azalma gözlendiği ve takip eden aylarda ise depolama süresine bağlı olarak artış meydana geldiği görülmektedir. Farklı depolama sıcaklıkları için havuç suyu tozlarının su aktivitesinde meydana gelen eğilimin benzer olduğu gözlenmiş ve depolama sıcaklığının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), depolama süresi boyunca tozların su aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$). 3 aylık depolama sonucunda, en düşük su aktivitesi değeri 4°C'de depolama sıcaklığında gözlenmiştir.



Şekil 4.114. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.114 incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da depolanan örneklerin su aktivitesi değerinde genel olarak depolama süresine bağlı olarak artış meydana geldiği görülmektedir. 3 aylık depolama sonucunda, peynir altı suyu tozu içeren havuç sularında en düşük su aktivitesi değeri 4°C'de depolama sıcaklığında gözlenmiştir. Farklı depolama sıcaklıkları için havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen eğilimin ilk ay sonucunda benzer olduğu gözlenmiştir. Takip eden aylarda ise 4°C ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının su aktivitesi değeri önce artıp sonra azalmış, 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarının su aktivitesi değeri önce azalmış sonra artmıştır. Depolama sıcaklığının ve süresinin peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.115. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim

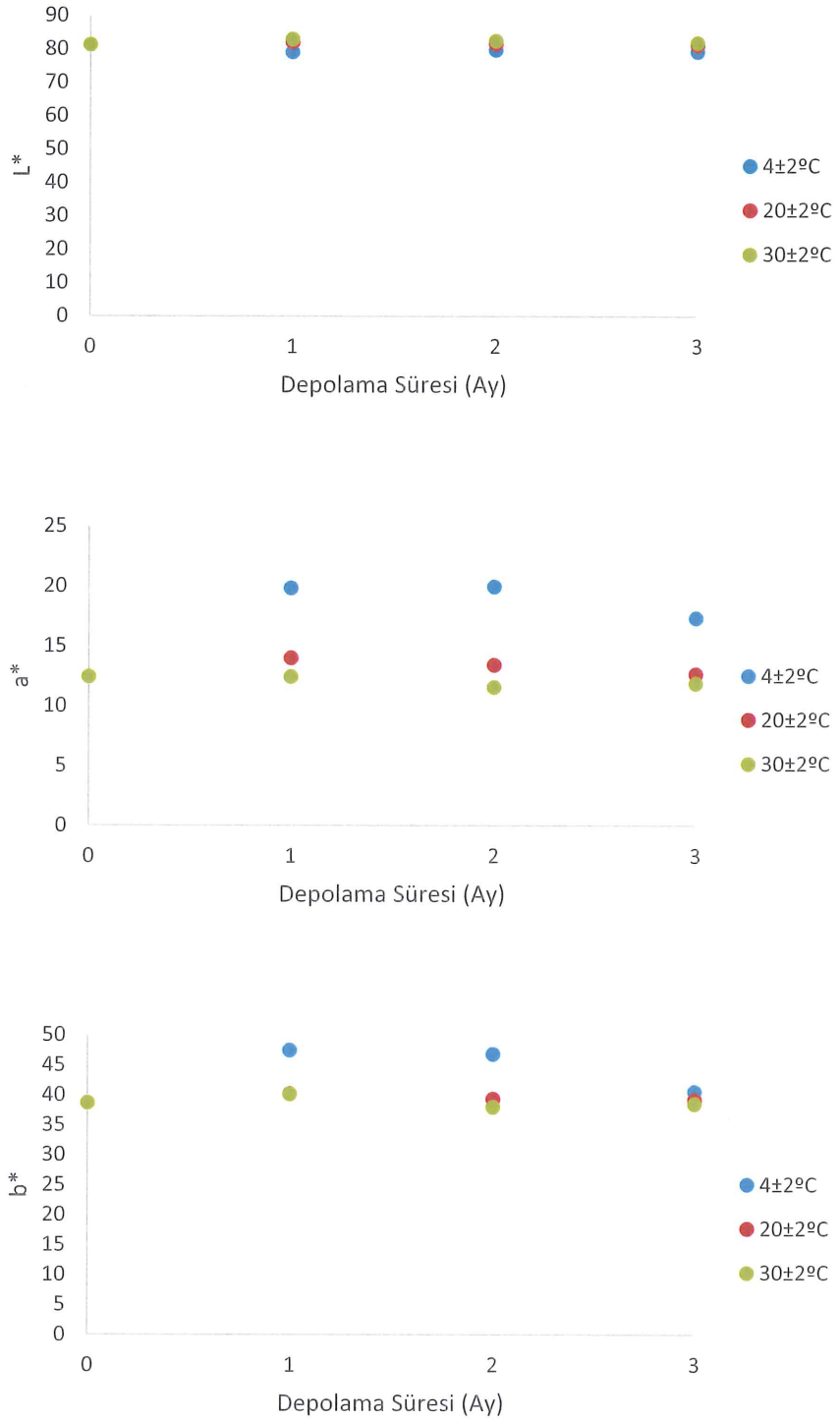
Şekil 4.115. incelendiğinde, gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi değerinin depolama boyunca genel olarak arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$). İlk iki ay içinde en yüksek su aktivitesi değerleri 20°C'de depolanan tozlarda gözlenirken 3. ay sonunda ise 30°C'de depolanan tozların su aktivitesi değeri en yüksek bulunsa da gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının su aktiviteleri değeri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

Jaya and Das (2005) yaptıkları çalışmada vakum altında (70± 2°C'de 710-750mmHg vakum altında) kurutulmuş maltodekstrin katkılı mango püresi tozlarını lamine alüminyum polietilen ambalaj malzemesiyle ambalajlayarak; 38±2°C'de 90% bağıl nemde 10 gün süreyle depolamışlar ve su aktivitesi değerinin (0.228

başlangıç) depolama boyunca arttığını, 60 gün depolama sonunda yaklaşık 2 katına çıkarken (0.429), 105 gün depolama sonunda ise yaklaşık 3 katına (0.668) çıktığını belirtmişlerdir. Başlangıç nem içeriğinin (%4.1) 45 gün depolama sonunda %6.2'ye; 90 gün depolama sonunda ise yaklaşık 2 katına (%7.8) çıktığını belirtmişlerdir. 105 günlük depolama boyunca mango püresi tozlarının nem içeriği artmış ve %8.9'a ulaşmıştır.

4.2.15.3.Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişim

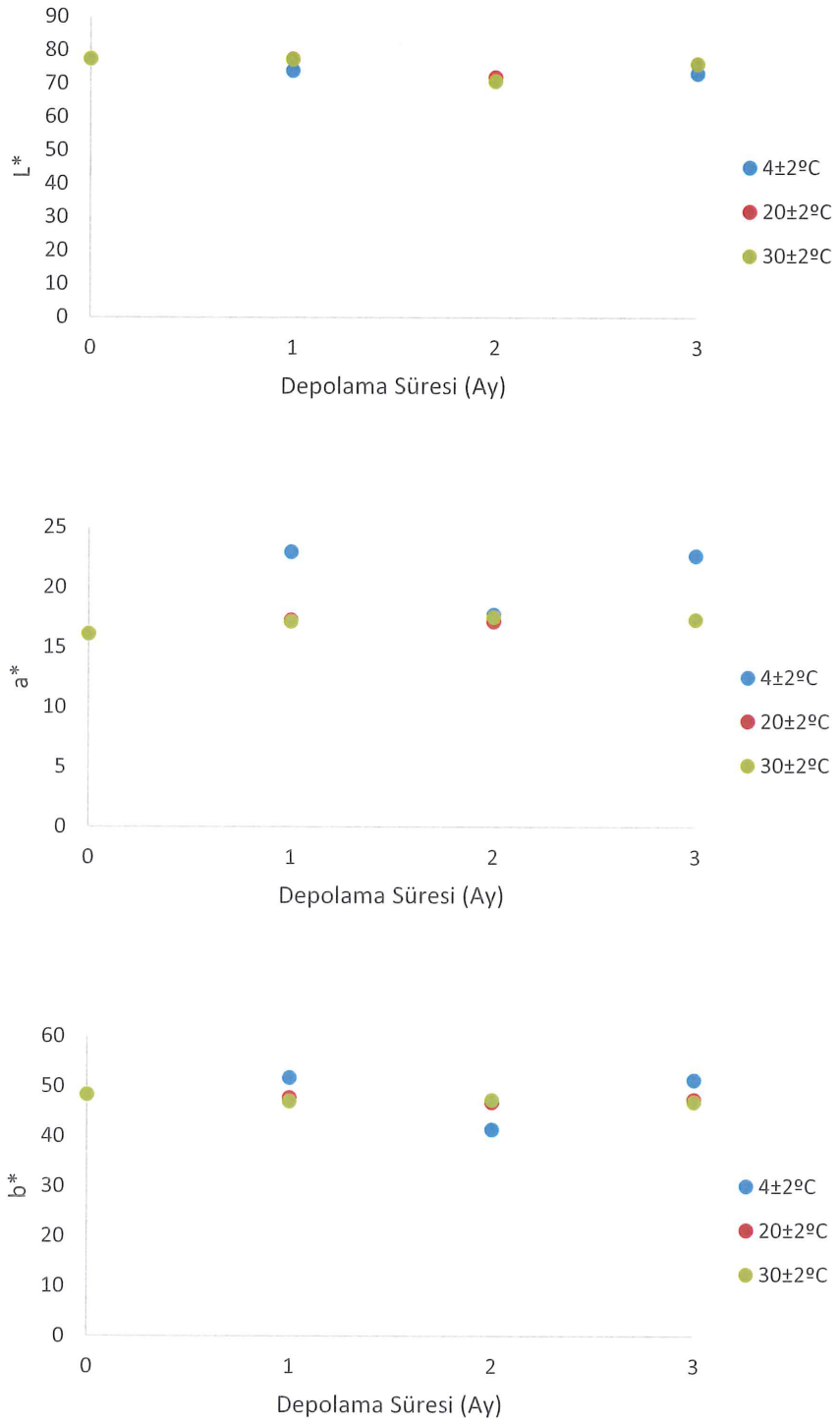
Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.116-4.118'de verilmiştir.



Şekil 4.116. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim

Depolama boyunca maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri (Şekil 4.116) incelendiğinde, L* değeri genel olarak azalmış, a* değeri önce artmış sonra azalmış, b* değeri ise genel olarak artmıştır. Parlaklık değerinde meydana

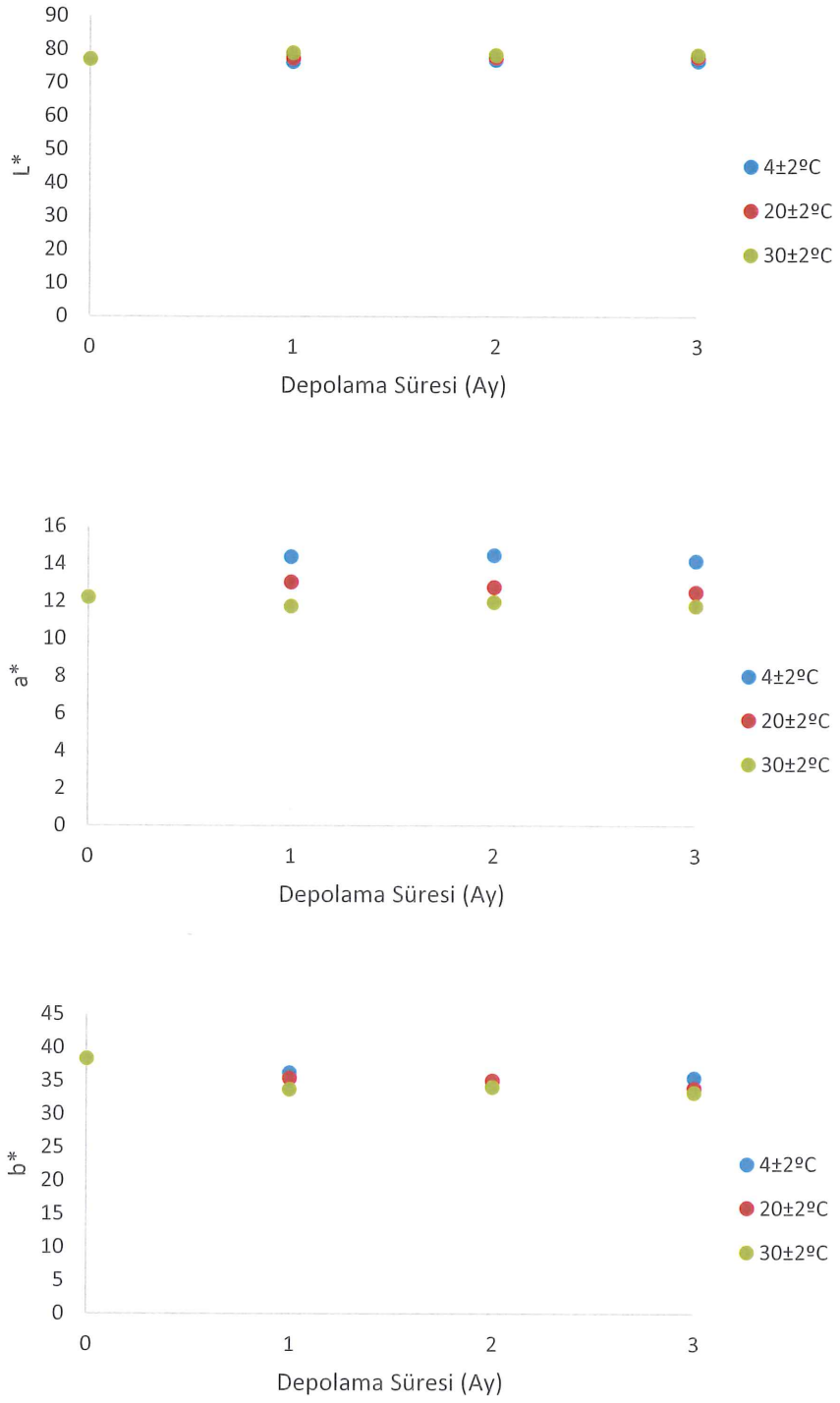
gelen istatistiksel olarak anlamlı olmayan kayıpların ($p>0.05$), paket içinde kalmış olabilecek havadan kaynaklı oksidasyon reaksiyonları ya da enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca depolama boyunca maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının depo ortamından nem kazanımı da parlaklık değrinde azalmaya neden olmuş olabilir. a* değerindeki artış yeşilliğin kaybolduğunu ve kırmızılıkta artış olduğunu ifade etmekte iken, b* artış ise; mavilikte azalış sarılıkta ise artış olduğunu ifade etmektedir. 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarının a* ve b* değerleri 20°C ve 30°C'de depolananlara göre yüksek bulunsa da ($p<0.05$), tüm sıcaklıklar için a* ve b* değerlerinde meydana gelen değişim benzer bir davranış sergilemiştir.



Şekil 4.117. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim

Depolama boyunca peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri (Şekil 4.117) incelendiğinde, maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarına benzer bir şekilde L* değeri genel olarak azalmış, a* değeri önce artmış sonra

azalmış (4°C'de depolanan örnekler hariç), b* değeri ise ilk iki ay azalmış sonra ise artmıştır. L* değerinde meydana gelen kayıpların paket içinde kalmış havadan kaynaklı oksidasyon reaksiyonlarından, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından ya da depo ortamından nem kazanımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. a* değerindeki artış yeşilliğin kaybolduğunu ve kırmızılıkta artış olduğunu ifade etmekte iken, b* değerindeki artış ise, mavilikte azalış sarılık değerinde ise artış olduğunu ifade etmektedir. b* değerinde meydana gelen azalışın nedeni karotenoid içeriğinde meydana gelen kayıplardan kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.118. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının renk değerinde meydana gelen değişim

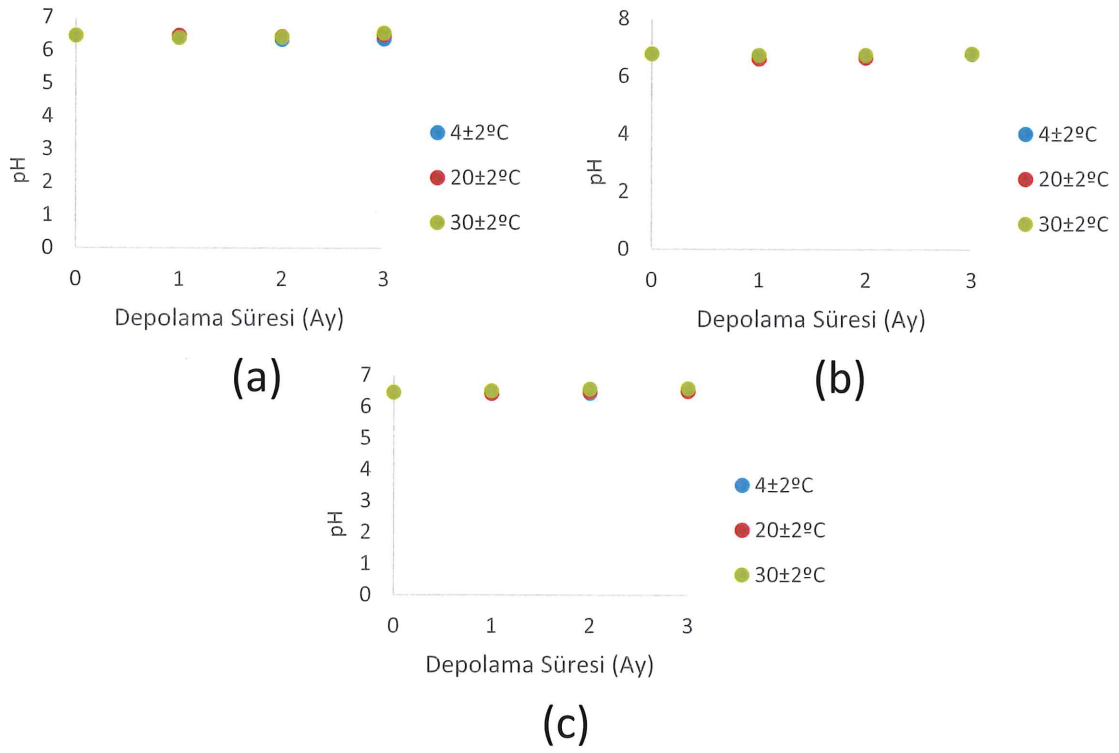
Şekil 4.118 incelendiğinde, maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının L* değerinde meydana gelen değişime benzer bir şekilde gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının L* değerinde azalma meydana gelse de istatistiksel olarak anlamsız

bulunmuştur ($p>0.05$). 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarının a* değerleri 20°C ve 30°C'de depolananlara göre yüksek bulunsa da ($p<0.05$), tüm sıcaklıklar için a* değerlerinde meydana gelen değişim benzer bir davranış sergilemiştir. Her üç depolama sıcaklığı için de b* değerlerinin depolama süresince genel olarak azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

Havuç suyu tozlarının renk değerlerinde meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve grafikler EK 40-42'de verilmiştir. Her üç kurutma ajanı için de, L* değerlerinde meydana gelen değişmelerin yüksek R^2 değerine sahip olmadığı gözlenmiştir. En yüksek L* değeri oda sıcaklığında depolanan gam Arabik içeren havuç suyu tozlarında gözlenmiştir (0. Dereceden reaksiyon kinetiği için k_0=0.1768 (R^2=0.8032), 1. Dereceden reaksiyon kinetiği için k_1=0.0023 (R^2=0.8032), 2. Dereceden reaksiyon kinetiği için k_2=-3E-05 (R^2=0.8032)). Elde edilen bulgular ışığında havuç suyu tozlarının L* değerinde meydana gelen değişimin her üç kinetik modele de uymadığı söylenebilir. Havuç suyu tozlarının a* ve b*değerinde meydana gelen dalgalanmalar nedeniyle a* ve b* değerleri için elde edilen sonuçların da düşük R^2 değerine sahip olduğu görülmüştür.

4.2.15.4. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının pH Değerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.119'da verilmiştir.

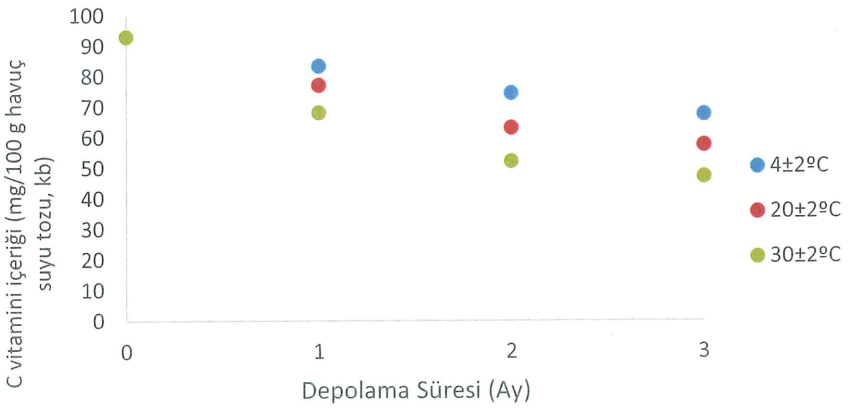


Şekil 4.119. Depolama süresince havuç suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişim ((a); maltodekstrin, (b); peynir altı suyu tozu ve (c); gam Arabik içeren havuç suyu tozları)

Şekil 4.119 incelendiğinde, havuç suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişimin depolama sıcaklığından ve süresinden istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmediği gözlenmiştir ($p>0.05$).

4.2.15.5. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının C Vitamini İçeriğinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.120-4.122'de verilmiştir.



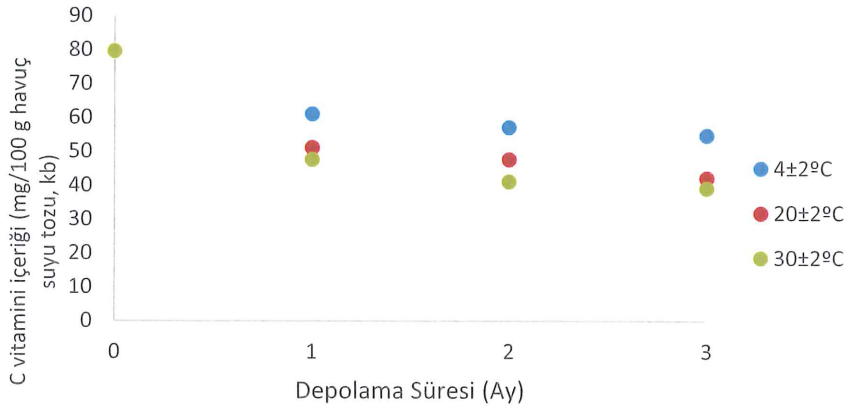
Şekil 4.120. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim

Her üç depolama sıcaklığı için de maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.120). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen kayıp %10.3 ile %49.3 arasında değişmiştir. En yüksek C vitamini kaybı (%49.3) en yüksek sıcaklıkta depolanan tozlarda gözlenmiştir.

C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve grafikler EK 43'te verilmiştir. 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde, 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için yüksek R^2 değerleri bulunmuş ve kinetik sabitler sırasıyla k_0=8.796 (R^2=0.993), k_1=0.1082 (R^2=0.9988) ve k_2=0.0013 (R^2=0.9988) olarak bulunmuştur. 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde, 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için yüksek R^2 değerleri bulunmuş ve kinetik sabitler sırasıyla k_0=13.022 (R^2=0.9541), k_1=0.172 (R^2=0.9767) ve k_2=0.0023 (R^2=0.9888) olarak bulunmuştur. 30°C' de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde ise, 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için yüksek R^2 değerleri bulunmuş ve kinetik sabitler sırasıyla k_0=17.444 (R^2=0.8956), k_1=0.2506 (R^2=0.9458) ve k_2=0.0037 (R^2=0.9767) olarak bulunmuştur. Tahmin edildiği gibi, 30°C'de depolanan havuç suyu tozları için hesaplanan kinetik hız sabitleri 4°C'de depolananlardan yüksek bulunmuştur. Seçilen sıcaklıklarda depolanan maltodekstrin içeren havuç suyu

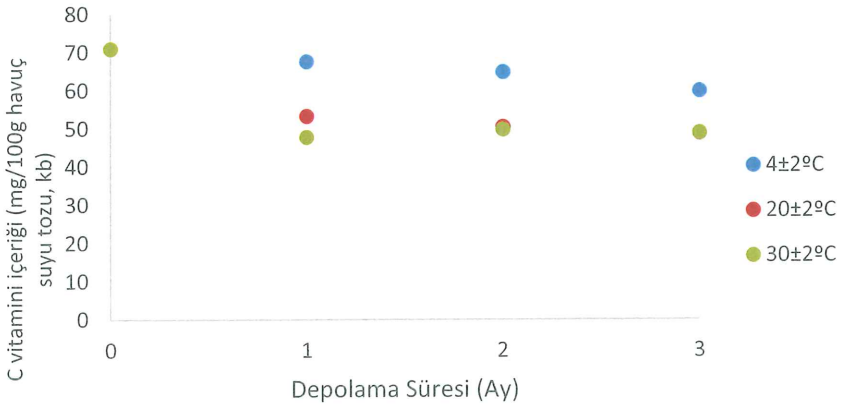
tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 1. ve 2. dereceden kinetik modele uyum göstermiştir.

Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler için aktivasyon enerjisi hesaplanmış (EK-43) ve 1. dereceden reaksiyon hız sabitleri için de aktivasyon enerjisi 22.199 (R^2=0.9907) kJ/mol ve 2. dereceden reaksiyon hız sabitleri için de aktivasyon enerjisi 26.619 (R^2=0.9893) kJ/mol olarak bulunmuştur.



Şekil 4.121. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim

Her üç depolama sıcaklığı için de peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.121). Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen kayıp %23.2 ile %50.8 arasında değişmiştir. En yüksek C vitamini kayıpları (%40.1-%50.8) ise en yüksek sıcaklıkta depolanan havuç suyu tozlarında gözlenmiştir. 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için R^2 değeri sırasıyla 0.7135-0.8956, 0.7438-0.7856 ve 0.8097-0.9767 arasında değişmiştir (EK-44). En yüksek R^2 değeri (0.9767) 30ºC'de depolanan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozları için 2. Dereceden reaksiyon kinetiğinde elde edilmiştir. Kinetik hız sabiti k_2=0.0037 olarak bulunmuştur. 30ºC' de depolanan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 2. Dereceden kinetik modele uyum göstermiştir.



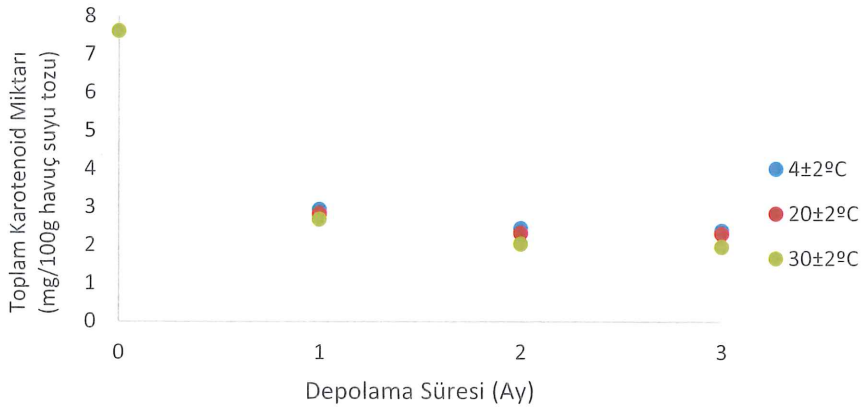
Şekil 4.122. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim

Her üç depolama sıcaklığı için de gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişim benzer bir eğilim gösterse de, 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriği 1. ay sonunda azalmış sonra ise artmıştır (Şekil 4.122). En yüksek C vitamini kayıpari 20°C (%43.0-%47.1) ve 30°C (%45.5-%50.6) sıcaklıkta depolanan havuç suyu tozlarında gözlenmiştir.

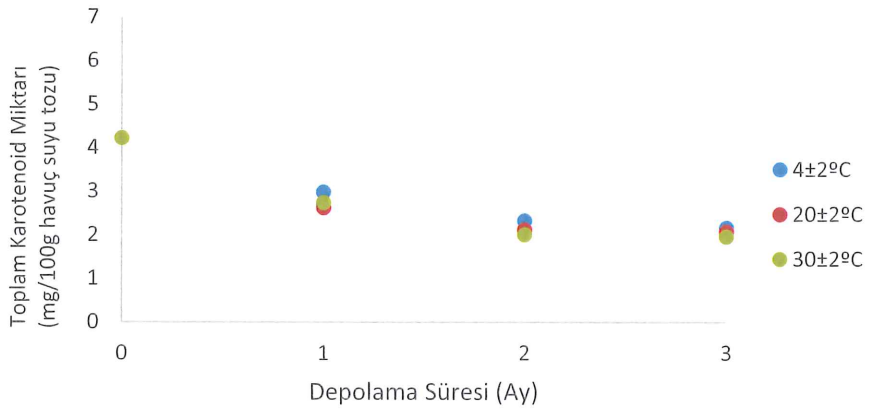
C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve grafikler EK-45'te verilmiştir. 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde, 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için yüksek R^2 değerleri bulunmuş ve kinetik sabitler sırasıyla k_0=3.5201 (R^2=0.9821), k_1=0.0533 (R^2=0.9742) ve k_2=0.0008 (R^2=0.9646) olarak bulunmuştur. 20 ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde R^2 değerleri 0.6646-0.7410 ve 0.6941-0.8159 arasında değiştiğinden kinetik modellere uyum göstermemiştir. 4°C'de depolanan gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 0. dereceden kinetik modele yüksek oranda uyum göstermiştir.

4.2.15.6. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriğinde Meydana Gelen Değişim

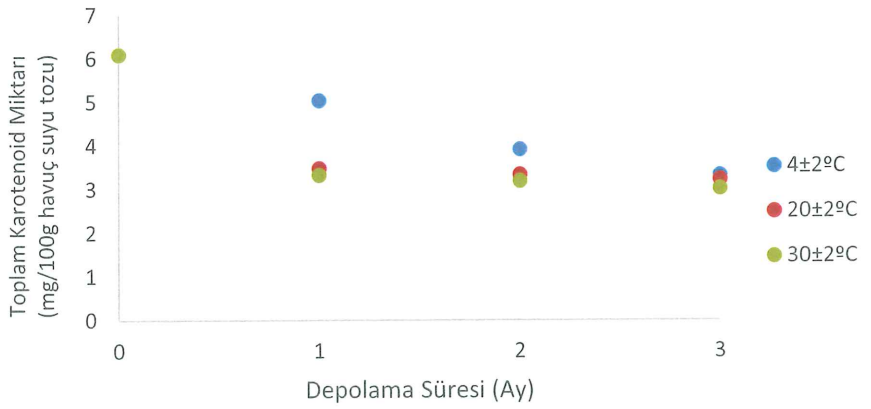
Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 4.123-4.125'de verilmiştir.



Şekil 4.123. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim



Şekil 4.124. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim



Şekil 4.125. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde (mg/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim

Farklı kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişim benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.123-4.125).. En fazla toplam karotenoid miktarı kaybı maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında (%61.4-74.2) gözlenmiştir. Bunu sırasıyla peynir altı suyu tozu (%29.4-53.6) ve gam Arabik (%17.4-50.57) içeren havuç suyu tozları takip etmiştir. En yüksek karotenoid kaybı en yüksek sıcakta depolanan havuç suyu tozlarında gözlenmiştir (maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren örnekler için sırasıyla %64.8-%74.2, %35.1-%53.6 ve %45.5-%50.6). Toplam karotenoid içeriğinde ilk ay sonunda yüksek oranda kayıp olurken diğer aylarda daha az kayıp meydana geldiği gözlenmiştir.

Havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve grafikler EK 46-49'da verilmiştir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler kinetik modellere uyum göstermemiştir. 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için R^2 değeri sırasıyla 0.5428-0.5747, 0.6244-0.6878 ve 0.7216-0.8116 arasında değişmiştir. En yüksek R^2 değeri 2. dereceden reaksiyon kinetiği için elde edilmiştir.

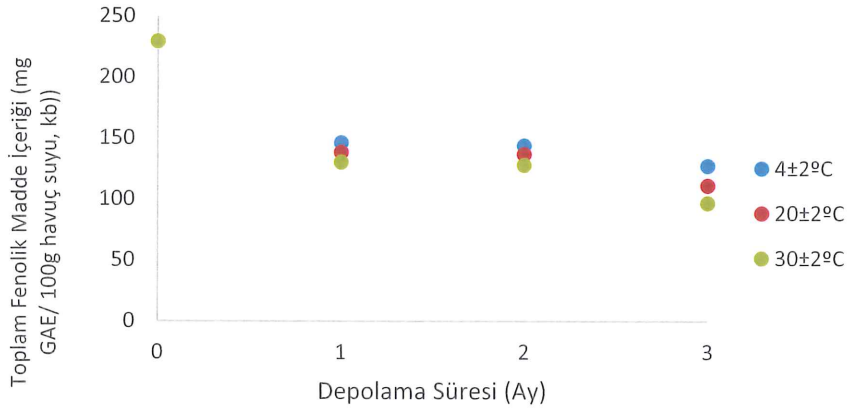
Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler genel olarak 2. Dereceden kinetik modele uyum göstermiştir. 4°C, 20°C ve 30°C'de depolanan örnekler için sırasıyla

k_2=0.0825 (R^2=0.949), k_2=0.0961 (R^2=0.8397) ve k_2=0.105 (R^2=0.9011) olarak bulunmuştur. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler için aktivasyon enerjisi hesaplanmış (EK-48) ve 6.47 (R^2=1) kJ/mol olarak bulunmuştur.

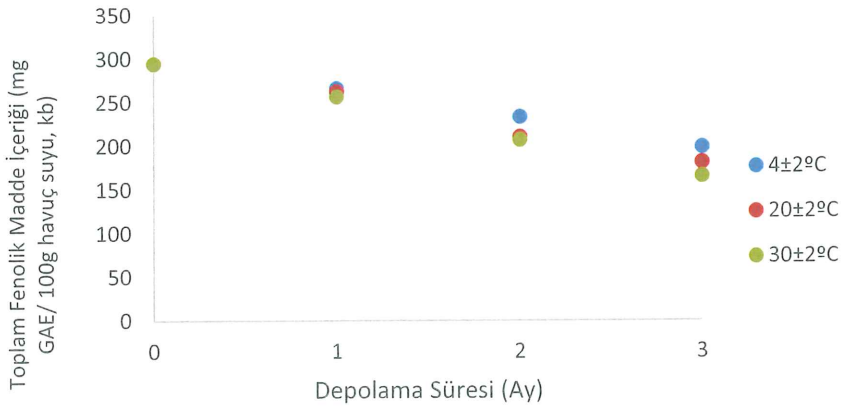
Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde ise; 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında her üç kinetik model için yüksek R^2 değeri gözlense de, diğer sıcaklıklarda depolanan örnekler kinetik modellere uyum göstermemiştir. 4°C'de depolanan gam Arabik içeren havuç suyu tozları için 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için hesaplanan reaksiyon hız sabitleri ve R^2 değeri sırasıyla k_0=0.9829 (R^2=0.9823), k_1=0.2076 (R^2=0.9944) ve k_2=0.0451 (R^2=0.9894) olarak bulunmuştur. En yüksek R^2 değeri 1. dereceden reaksiyon kinetiği için hesaplanmıştır.

4.2.15.7. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarında Meydana Gelen Değişim

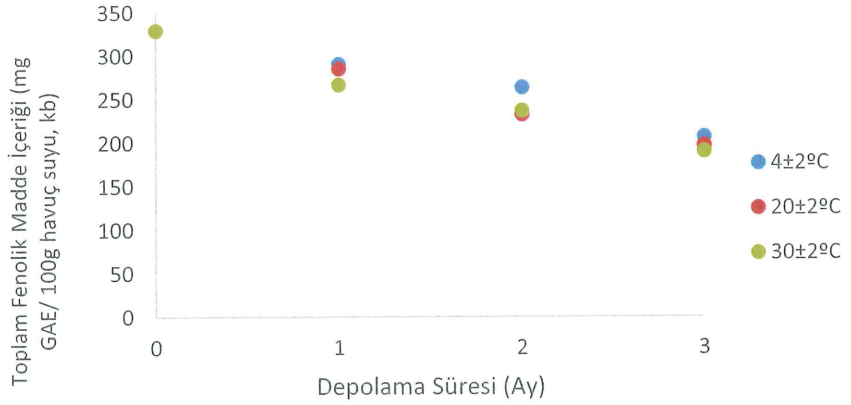
Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişim Şekil 4.126-4.128'de verilmiştir.



Şekil 4.126. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim



Şekil 4.127. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının fenolik madde miktarında (mg GAE/ 100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim



Şekil 4.128. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının fenolik madde miktarında (mg GAE/100g havuç suyu tozu, kb) meydana gelen değişim

Şekil 4.126, 4.127 ve 4.128 incelendiğinde depolama süresi boyunca havuç suyu tozlarının fenolik madde miktarında başlangıç ürüne göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş olduğu ($p<0.05$), en az fenolik madde miktarının 4ºC'de depolanan örneklerde gözlenirken, en çok fenolik madde kaybının ise 30ºC'de depolanan örneklerde olduğu gözlenmiştir. Depolama boyunca toplam fenolik madde kaybında meydana gelen değişim peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarında benzer bir eğilim göstermiştir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının fenolik madde içeriği ise ilk ay sonunda belirgin bir azalış sergilemiş ve depolama boyunca artarak azalma eğilimi göstererek diğer kurutma

ajanlarına göre oldukça farklı bulunmuştur. En fazla fenolik madde kaybı maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında (%36.2-%57.8) gözlenmiştir. Gam Arabik (%11.7-%42.3) ve peynir altı suyu tozu (%9.6-%44.0) içeren havuç suyu tozlarında meydana gelen kayıp yüzdeleri yaklaşık aynı bulunmuştur.

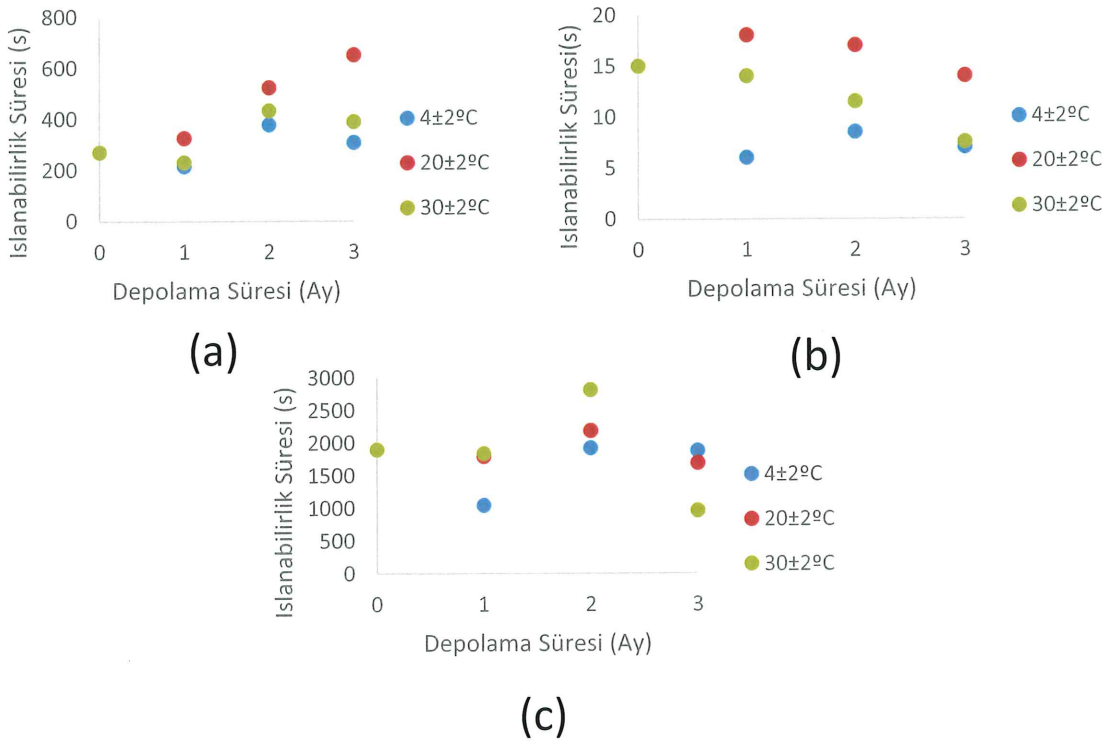
Havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiğine göre değerlendirilmiş ve grafikler EK 50-53'de verilmiştir. Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmelere benzer bir şekilde kinetik modellere uyum göstermemiştir. 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyon kinetiği için R^2 değeri sırasıyla 0.6508-0.7272, 0.7095-0.8190 ve 0.7705-0.8875 arasında değişmiştir. Toplam karotenoid içeriğinden elde edilen R^2 değerine benzer bir şekilde, en yüksek R^2 değeri 2. dereceden reaksiyon kinetiği için elde edilmiştir.

Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler genel olarak 0. dereceden kinetik modele uyum göstermiştir. 4°C, 20°C ve 30°C'de depolanan peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için sırasıyla k_0=31.351 (R^2=0.9973), k_0=38.594 (R^2=0.9873), k_0=42.986 (R^2=0.9971) ve k_0=38.419 (R^2=0.9768), k_0=45.379 (R^2=0.9951), k_0=47.656 (R^2=0.9757) olarak bulunmuştur. Reaksiyon hız sabitinin, depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak arttığı görülmektedir.

Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler için aktivasyon enerjisi hesaplanmış (EK-53) ve 8.03 (R^2=0.8905) ve 5.31 (R^2=0.7960) kJ/mol olarak bulunmuştur. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının aktivasyon enerjisi değeri gam Arabik içeren havuç suyu tozları için hesaplanan aktivasyon enerjisi değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu duruma göre gam Arabiğin havuç suyu tozlarındaki fenolik maddeleri daha iyi koruduğu söylenebilir.

4.2.15.8. Depolama Boyunca Havuç Suyu Tozlarının Toz Ürün Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinde (s) meydana gelen değişim Şekil 4.129'da verilmiştir.

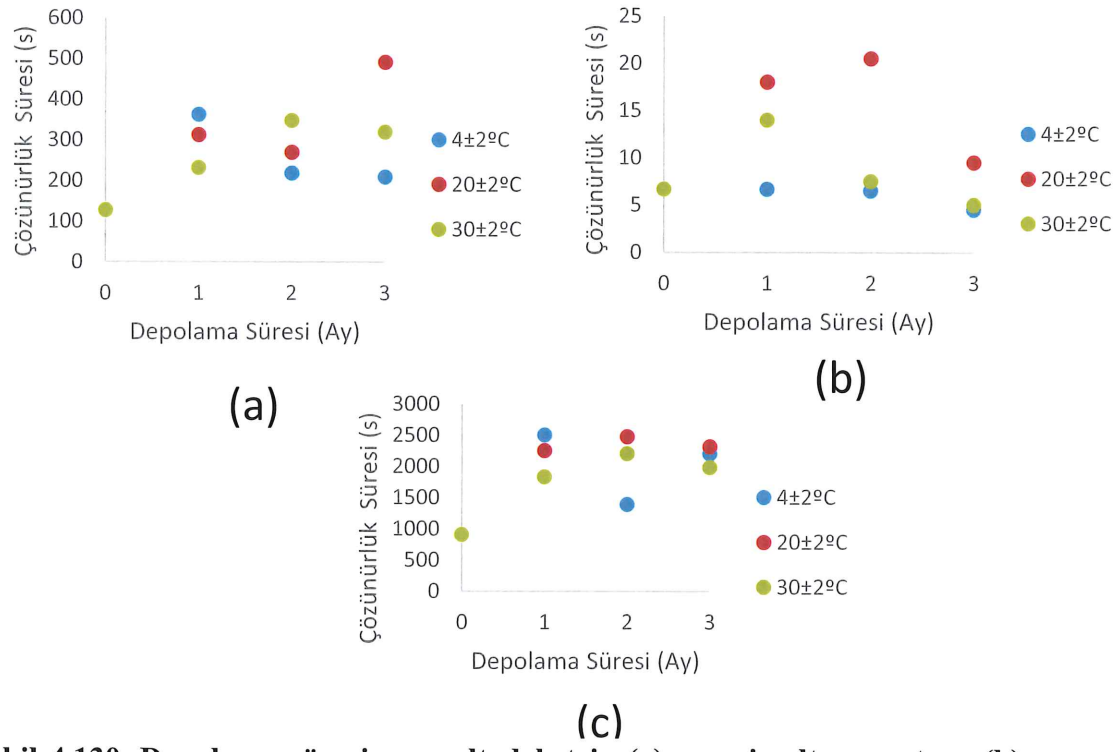


Şekil 4.129. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinde (s) meydana gelen değişim

Şekil 4.129 (a) incelendiğinde; depolama süresince genel olarak ıslanabilirlik süresinde artış meydana geldiği gözlenmiştir ($p<0.05$). 4°C ve 30°C'de depolanan maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri ilk ay sonunda istatistiksel olarak önemli ölçüde azalsa da diğer aylarda artmıştır ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek ıslanabilirlik süreleri 20°C'de depolanan havuç suyu tozanlarında en düşük ıslanabilirlik süreleri ise 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında görülmüştür. Şekil 4.129 (b) incelendiğinde; 4°C ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinin genel olarak depolama süresince azaldığı, 20°C'de

depolanan havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerinin ise ilk ay sonunda arttığı ancak ilerleyen depolama süresince azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerine benzer bir şekilde, en yüksek ıslanabilirlik süreleri 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarında, en düşük ıslanabilirlik süreleri ise 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında görülmüştür. Şekil 4.129 (c) incelendiğinde; gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik davranışının her üç sıcaklık için de birbirine benzer bir eğilim gösterdiği ve ilk ay sonunda istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı, 2. ay sonunda arttığı sonra ise tekrar azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük sürelerinde (s) meydana gelen değişim Şekil 4.130'da verilmiştir.



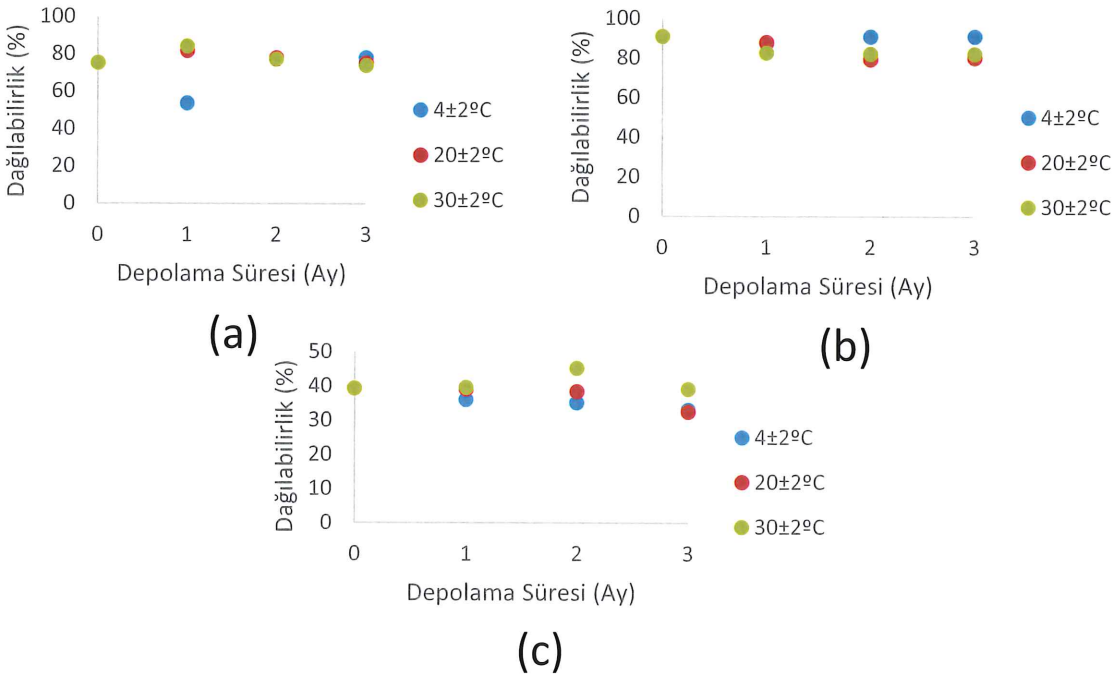
Şekil 4.130. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresinde (s) meydana gelen değişim

Şekil 4.130 (a) incelendiğinde; maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerindeki değişime benzer bir şekilde depolama süresince genel olarak çözünürlük süresinde artış meydana geldiği gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik sürelerine benzer bir şekilde, en yüksek çözünürlük süreleri 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarında en düşük çözünürlük süreleri ise 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında görülmüştür.

Şekil 4.130 (b) incelendiğinde, 4°C'de depolanan peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresinin artan depolama süresiyle azaldığı, 20°C ve 30°C'de depolananların ise ilk iki ay süreyle arttığı sonra azaldığı görülmüştür. Depolama sıcaklıklarının ve süresinin peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük sürelerine benzer bir şekilde, en yüksek çözünürlük süreleri 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarında en düşük çözünürlük süreleri ise 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında görülmüştür.

Şekil 4.130 (c) incelendiğinde; maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük sürelerindeki değişime benzer bir şekilde depolama süresince genel olarak çözünürlük süresinde artış meydana geldiği gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama süresince çözünürlük süresince başlangıca kıyasla yaklaşık 2-2.5 kat artış gözlenmiştir. Depolama sıcaklıklarının gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süresi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

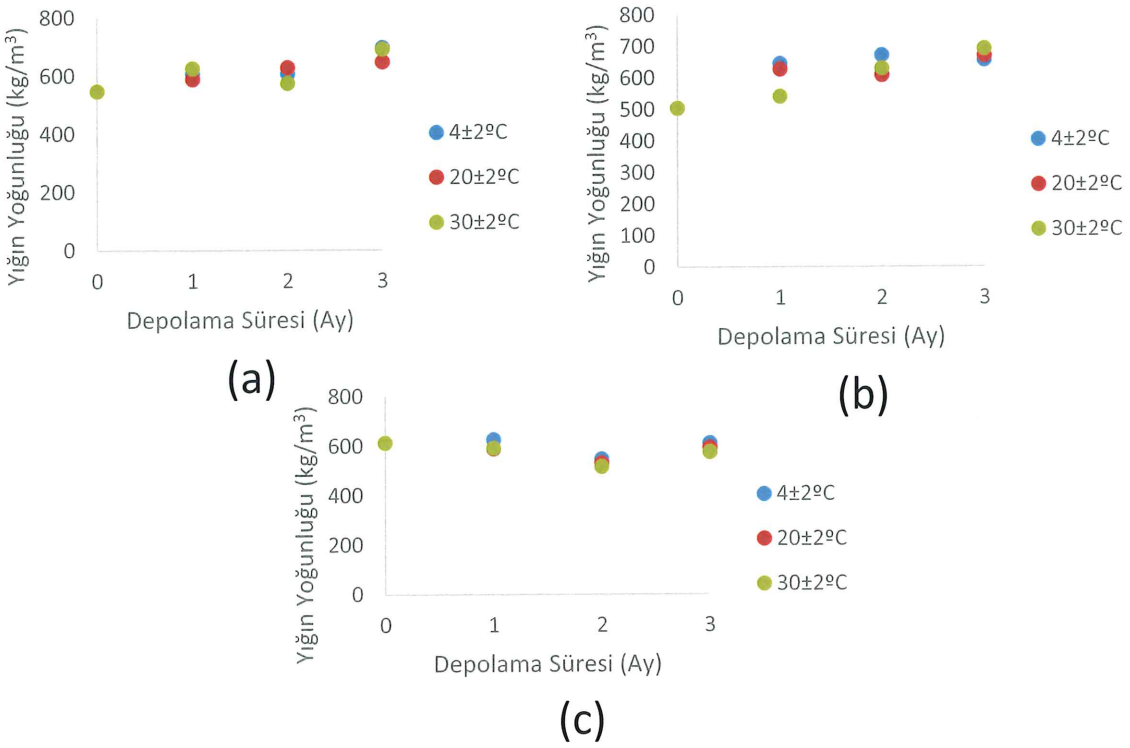
Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik (%) değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.131'de verilmiştir.



Şekil 4.131. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değerinde (%) meydana gelen değişim

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının dağılabillik değerinde (%) meydana gelen değişim incelendiğinde, farklı kurutma ajanları içeren havuç suları depolama boyunca farklı eğilimler gösterse de, farklı sıcaklıklarda depolanan örnekler benzer davranışlar sergilemiştir. Depolama boyunca sıcaklığın toz ürünlerin dağılabilirlik değeri üzerine etkisi genellikle istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.132'de verilmiştir.



Şekil 4.132. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerinde meydana gelen değişim (kg/m³)

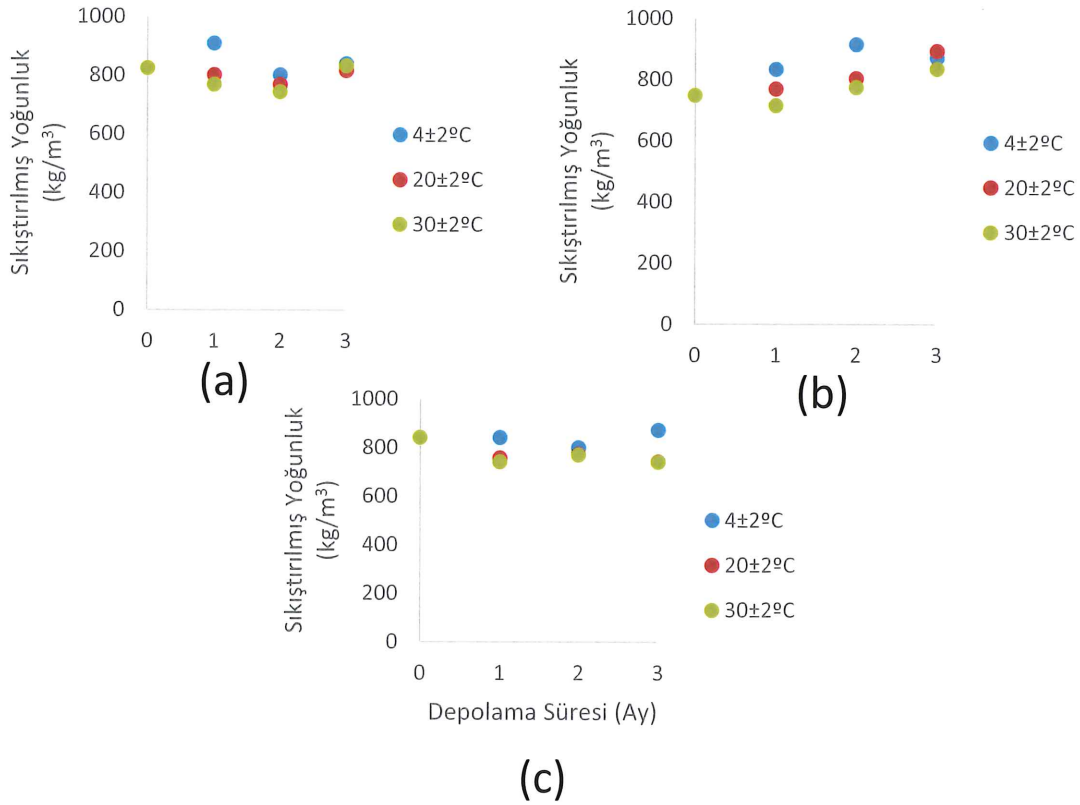
Şekil 4.132 (a) incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinde meydana gelen değişimin benzer bir davranış gösterdiği ve genel olarak depolama süresiyle istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). 2. ay sonunda 30°C'de depolanan örneklerin yığın yoğunluğu değerinde düşme meydana gelse de bu düşüş istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$). Depolama sıcaklıklarının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

Şekil 4.132 (b) incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinde meydana gelen değişimin benzer bir davranış gösterdiği ve genel olarak depolama süresiyle istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu üzerindeki etkisi ilk ay için

istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunsa da diğer aylarda istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

Şekil 4.132 (c) incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinde meydana gelen değişimin benzer bir davranış gösterdiği gözlenmiştir. 20°C ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değerleri ilk iki ay boyunca istatistiksel olarak önemli ölçüde azalırken 3. ay sonunda artmıştır ($p<0.05$). 4°C'de depolanan örneklerin yığın yoğunluğu değerleri ise ilk ay artmış 2. ay sonunda azalmış sonra ise tekrar artmıştır. Depolama sıcaklıklarının gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu üzerindeki etkisi ilk ay için istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunsa da diğer aylarda istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

Depolama boyunca farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerinde meydana gelen değişim Şekil 4.133'de verilmiştir.



Şekil 4.133. Depolama süresince maltodekstrin (a), peynir altı suyu tozu (b) veya gam Arabik (c) içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerinde meydana gelen değişim (kg/m³)

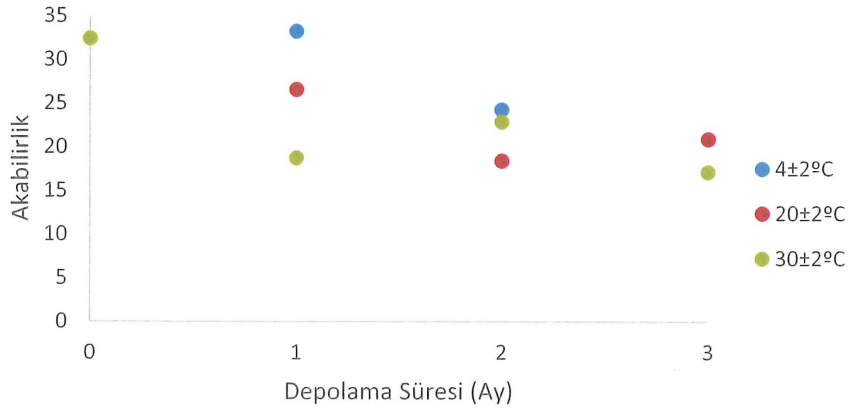
Şekil 4.133 (a) incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişim benzer bir davranış göstermiştir ($p<0.05$). 4°C'de depolanan örneklerin sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ilk ay artmış 2. ay sonunda azalmış sonra ise tekrar artmıştır. 20°C ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ilk iki ay boyunca istatistiksel olarak önemli ölçüde azalırken 3. ay sonunda artmıştır ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu üzerindeki etkisi ilk ay istatistiksel olarak anlamlı bulunurken diğer aylarda istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

Şekil 4.133 (b) incelendiğinde her üç depolama sıcaklığında da havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişimin benzer bir davranış gösterdiği ve genel olarak depolama süresiyle istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı görülmektedir ($p<0.05$). 4°C'de depolanan örneklerin sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ilk iki ay boyunca artmış sonra ise azalmıştır. 20°C'de depolanan havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri depolama süresince artmıştır ($p<0.05$). 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ise ilk ay sonunda azalsa da genel olarak depolama süresince artmıştır. Depolama sıcaklıklarının peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu üzerindeki etkisi ilk ve ikinci ay istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p<0.05$), üçüncü ayda istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$).

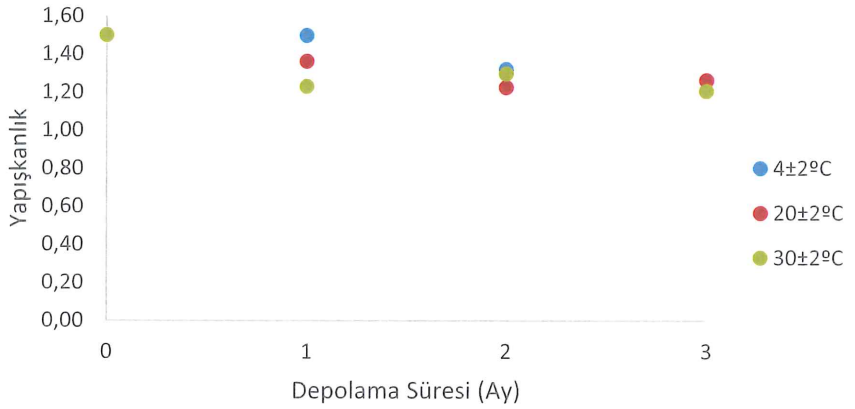
Şekil 4.133 (c) incelendiğinde, 4°C'de depolanan örneklerin sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ilk iki ay boyunca azaldığı sonra ise arttığı görülmektedir. 20°C ve 30°C'de depolanan havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri genel olarak depolama süresince azalmıştır. Depolama sıcaklıklarının gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu üzerindeki etkisi ikinci ayda istatistiksel olarak anlamsız bulunurken diğer aylarda ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Depolama boyunca maltodekstrin, peynir altı suyu tozu veya gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık değerlerinde meydana gelen

değişim sırasıyla Şekil 4.134 ve 4.135, Şekil 4.136 ve 4.137 ve Şekil 4.138 ve 4.139'da verilmiştir.



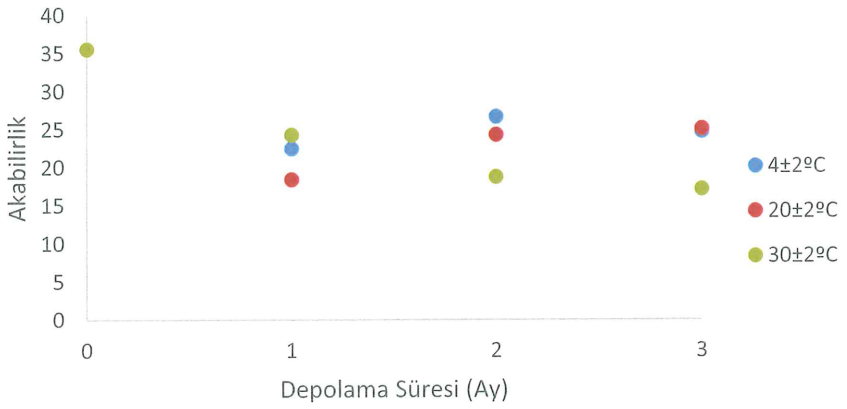
Şekil 4.134. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim



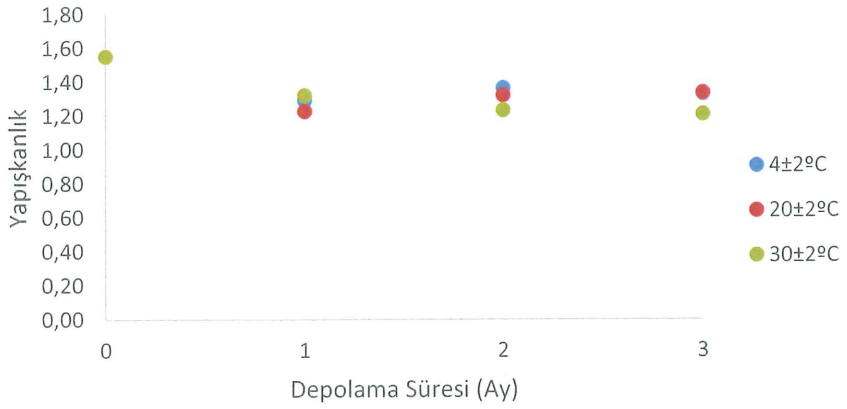
Şekil 4.135. Depolama süresince maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.134 ve 4.135 incelendiğinde maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks ve Hausner oranının benzer bir eğilim gösterdiği ve genel olarak depolama süresince azaldığı görülmektedir. Carr Indeks ve Hausner oranı değerleri incelendiğinde 4ºC'de depolanan tozların 0. (başlangıç) ve 1. ay sonunda çok zayıf, 2. ay sonunda geçebilir ve 3. ay sonunda ise orta düzeyde akabilirlik davranışı gösterdiği gözlenmiştir. Hausner oranına göre yapışkanlık değeri incelendiğinde ise; 2. ve 3. ay depolama sonunda havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerlerinin orta seviyeye ulaştığı, başlangıçta ve ilk ay sonunda yüksek düzeyde

yapışkanlık davranışı sergilediği gözlenmiştir. 20°C'de depolanan tozların 1. ay sonunda zayıf, 2. ve 3. ay sonunda ise orta düzeyde akabilirlik davranışı gösterdiği, 30°C'de depolanan tozların ise genellikle geçebilir ve ise orta düzeyde akabilirlik davranışı gösterdiği gözlenmiştir. 20°C ve 30°C'de depolanan tozların genellikle orta düzeyde yapışkanlık davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak genellikle maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks ve Hausner Oranı değerleri istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$).



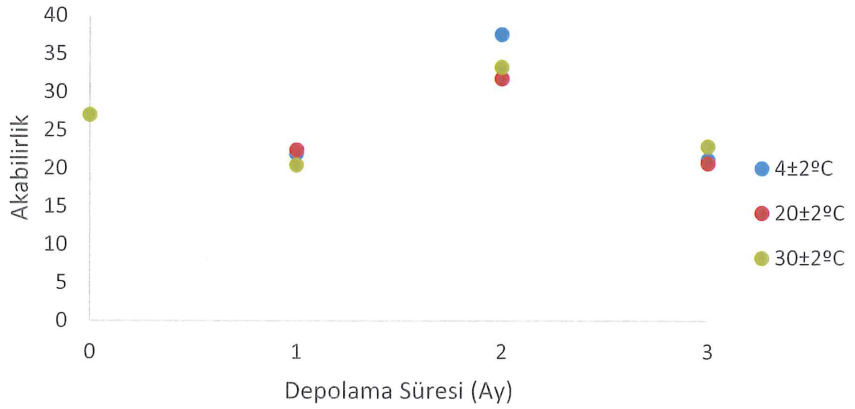
Şekil 4.136. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim



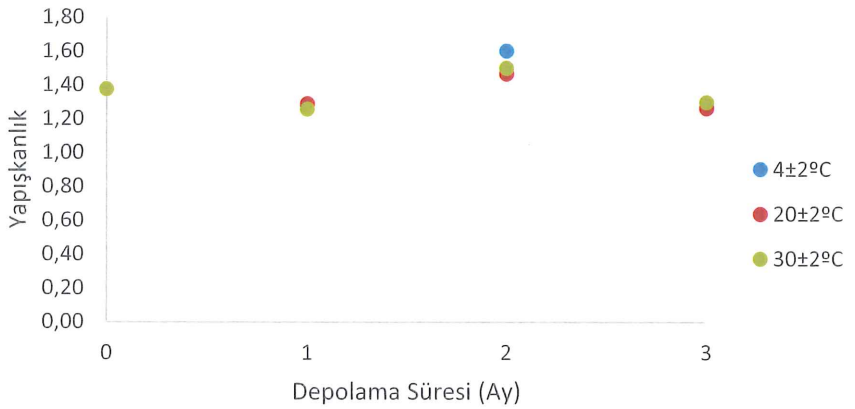
Şekil 4.137. Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde gelen değişim

Şekil 4.136 ve 4.137 incelendiğinde peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks ve Hausner oranının genel olarak ilk ay sonunda istatistiksel

olarak önemli ölçüde azaldığı, diğer aylarda ise arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Depolama süresince peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışı genel olarak orta ve geçebilir düzeyde bulunurken, yapışkanlık davranışı açısından ise orta düzeyde bulunmuştur.



Şekil 4.138. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik değerinde meydana gelen değişim



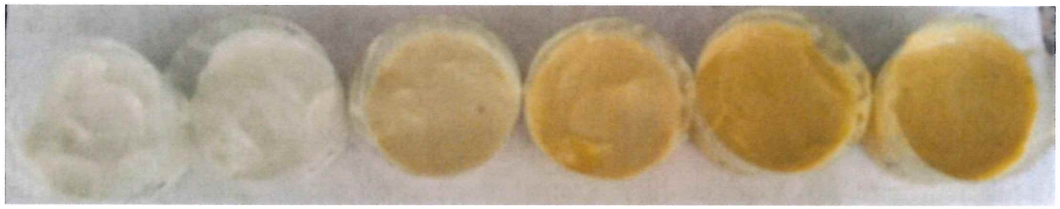
Şekil 4.139. Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının yapışkanlık değerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.138 ve 4.139 incelendiğinde gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışının benzer bir eğilim gösterdiği ve genel olarak ilk ay sonunda Carr Indeks ve Hausner oranı değerlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı, ikinci ay sonunda istatistiksel oranda önemli ölçüde arttığı sonra ise tekrar azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). Depolama sıcaklıklarının gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks ve Hausner oranı değerleri üzerinde

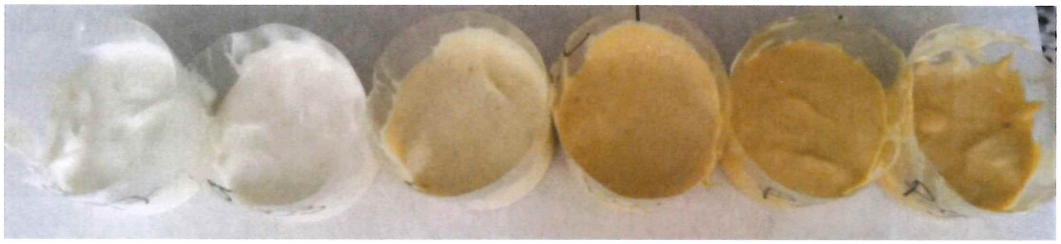
istatistiksel olarak önemli bir etkisi saptanamamıştır ($p>0.05$). Depolama süresince gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışı genel olarak 1. ve 3. ay için genel olarak geçebilir düzeyde bulunurken, 2. ay için zayıf ve çok zayıf olarak belirlenmiştir. Yapışkanlık davranışı ise genel olarak orta düzeyde (2. ay için zayıf) bulunmuştur.

4.2.16 Havuç Suyu Tozlarının Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi

Elde edilen havuç suyu tozlarının tüketici tarafından tercih edilirliğinin belirlenmesi amacıyla örnek gıda sistemi olarak süzme yoğurda eklenerek dip sos üretilmesi hedeflenmiştir. Üretilen havuç suyu tozları örnek gıda olarak seçilen süzme yoğurda farklı oranlarda (%0.5, %1, %5, %10, %15 ve %20) ilave edilerek dip sos yapılmıştır. Farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip soslar Şekil 4.140-4.142'de gösterilmektedir. Yarı eğitilmiş 15 panelist ile duyusal olarak dip sosların; renk, koku, kaşıkta ve ağızda kıvam, homojen ve jelimsi yapı, lezzet, yabancı lezzet ve genel beğeni özellikleri değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları EK 54-56'da verilmiştir.



Şekil 4.140. Farklı oranlarda maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar



Şekil 4.141. Farklı oranlarda peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar

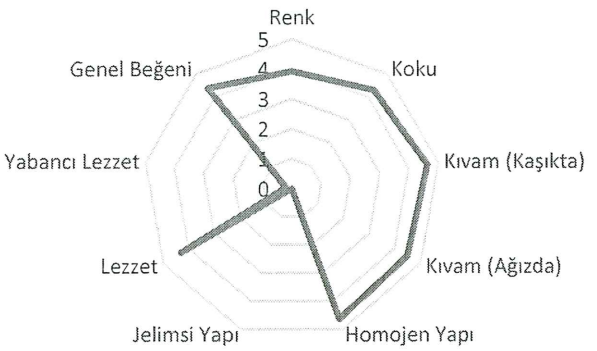


Şekil 4.142. Farklı oranlarda gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip soslar

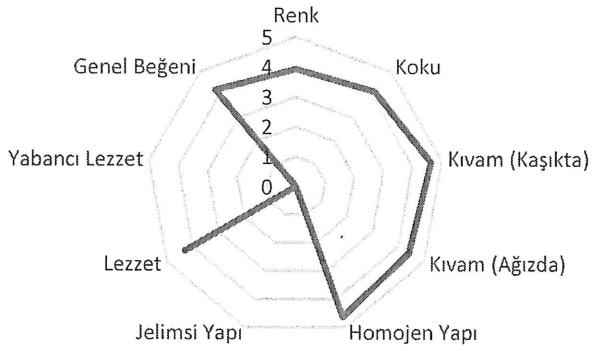
Farklı konsantrasyonlarda maltodekstrin içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip sosların duyusal analiz sonuçları Şekil 4.143-4.148'de verilmiştir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; %20 maltodekstrin içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip soslar dışındaki tüm örneklerin renk ve ağızda kıvam skorları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$). Dip sosların koku ve kaşıkta kıvam değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). %15 oranında maltodekstrin içeren havuç suyu tozu katkısından sonra dip sosların homojen yapı değerlerinde istatistiksel olarak önemli ölçüde azalış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Havuç lezzeti skorları %10 oranında maltodekstrin içeren havuç suyu tozu katkısından sonra istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). %20 oranında maltodekstrin içeren havuç suyu tozu katkılı dip soslarda yabancı lezzet algılanmıştır. Genel beğeni sonuçları incelendiğinde; en çok beğenilen dip sosların %0.5 oranında maltodekstrin katkılı

havuç suyu tozu içeren dip soslar olduğu belirlenmiştir ancak genel beğeni açısından %0.5 ile %10 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p<0.05$). %10 konsantrasyondan sonra genel beğeni değerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür ($p<0.05$).

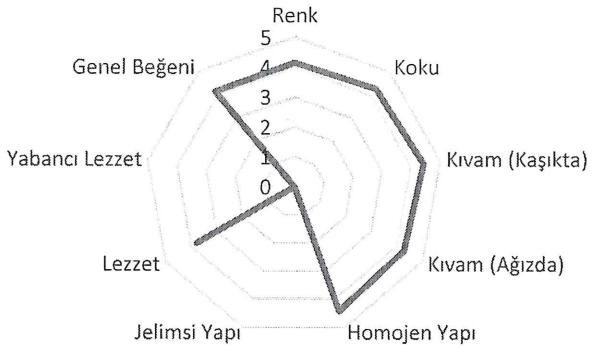
Panelist yorumları değerlendirildiğinde; maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu konsantrasyonu arttıkça dip sosların tatlılık değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ilavesiyle süzme yoğurtlar için karakteristik bir özellik olan kaşıktan akmama davranışından sapma olduğu gözlenmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak süzme yoğurtların kıvamında meydana gelen azalmaya bağlı olarak kaşıktan akma davranışının geliştiği düşünülmektedir. Yapılan denemeler sonucunda, %10 konsantrasyon ve sonrasında dip sosların kaşıktan döküldüğü gözlenmiştir. Ancak panelist yorumları incelendiğinde, kaşıkta kıvam davranışı açısından bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.



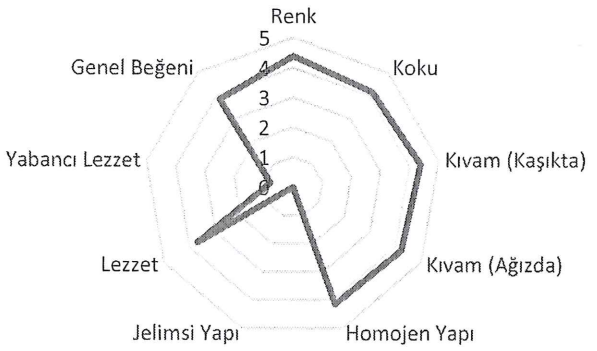
Şekil 4.143. %0.5 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



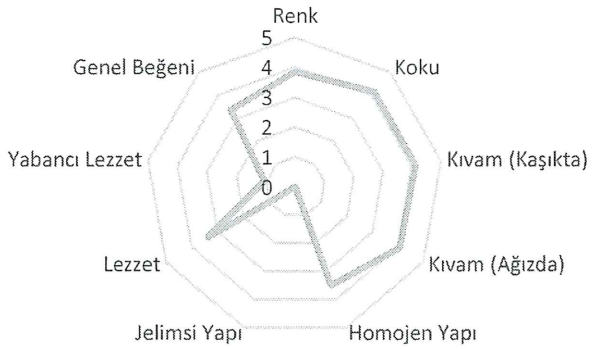
Şekil 4.144. %1 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



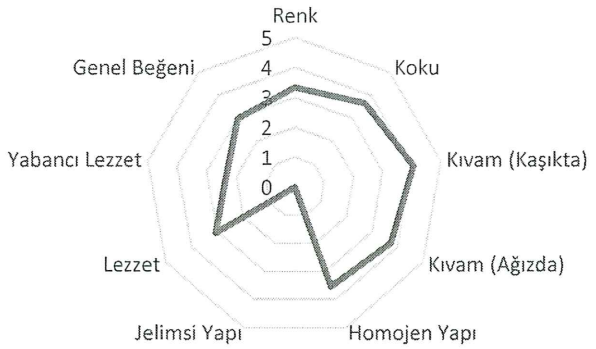
Şekil 4.145. %5 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.146. %10 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



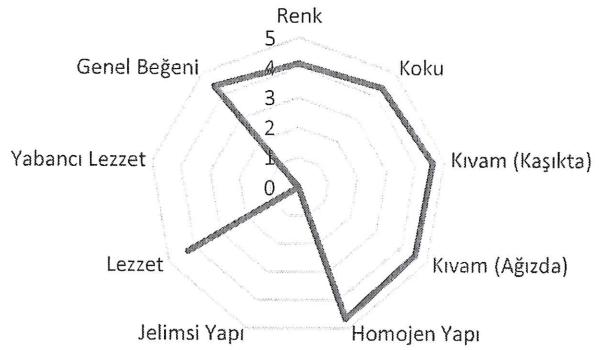
Şekil 4.147. %15 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



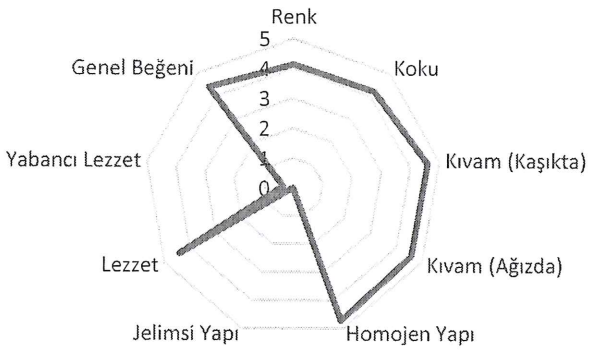
Şekil 4.148. %20 oranında maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

Farklı konsantrasyonlarda peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip sosların duyusal analiz sonuçları Şekil 4.149-4.154'de verilmiştir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; %20 oranında peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozu ile üretilen dip soslar dışındaki örneklerin renk ve koku değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Kaşıkta ve ağızda kıvam, jelimsi yapı ve yabancı lezzet skorları bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır ($p>0.05$). Homojen yapı skorlarında %10 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu ilavesiyle istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş başlamıştır ($p<0.05$). En çok beğenilen dip sosun %1 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip sos olduğu belirlenmiş, ancak %10 konsantrasyona kadar örneklerin lezzet skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanamamıştır

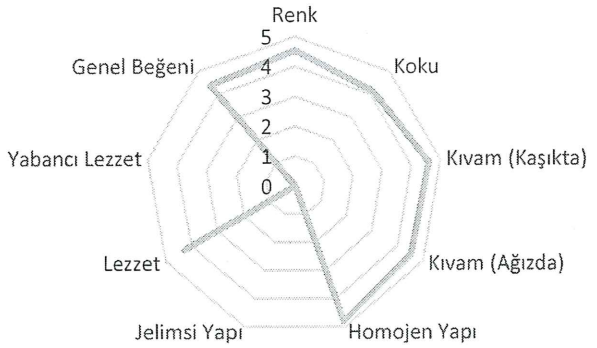
($p>0.05$). Genel olarak konsantrasyon arttıkça lezzet değerlerinde azalış gözlenmiştir. %10 oranında ve üst konsantrasyonlarda peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip soslarda yabancı lezzete rastlanmıştır. Genel beğeni açısından en yüksek skora (4.40) sahip olan dip sosların %0.5, %1 ve %5 oranlarında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip soslar olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak genel beğeni skorları istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$).



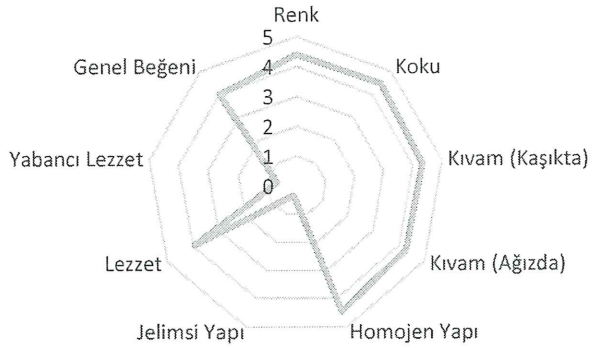
Şekil 4.149. %0.5 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



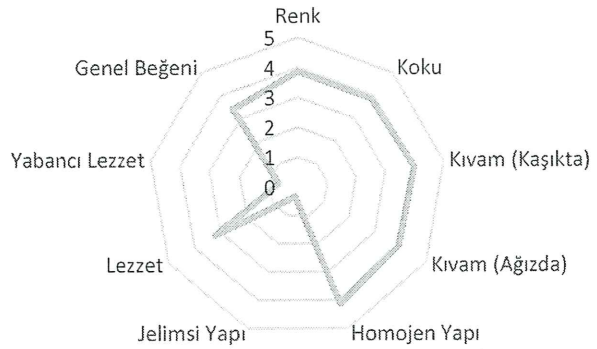
Şekil 4.150. %1 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



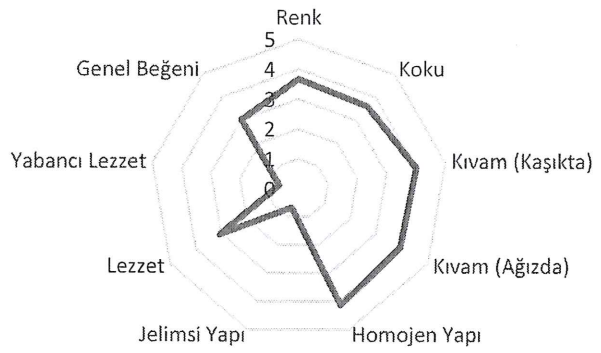
Şekil 4.151. %5 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.152. %10 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

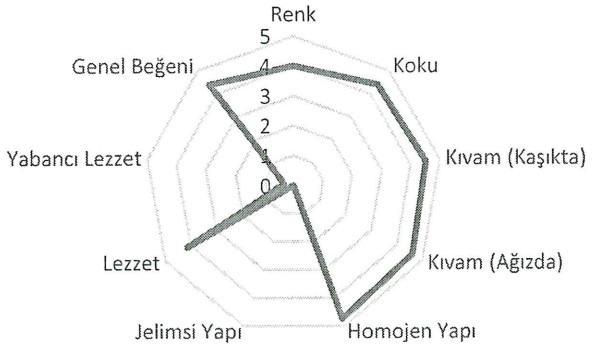


Şekil 4.153. %15 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

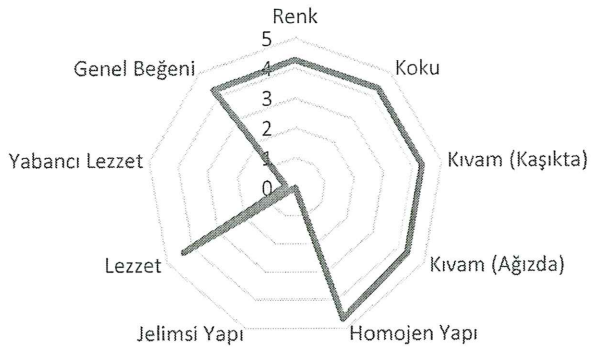


Şekil 4.154. %20 oranında peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

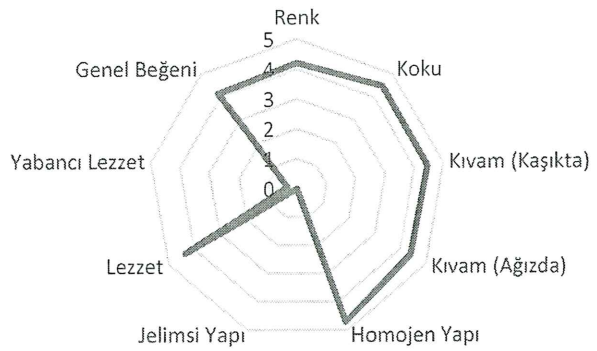
Farklı konsantrasyonlarda gam Arabik içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip sosların duyusal analiz sonuçları Şekil 4.155-4.160'da verilmiştir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; renk, koku, kaşıkta kıvam, jelimsi yapı ve yabancı lezzet skorları bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır ($p>0.05$). Ağızda kıvam skorları %15 oranında gam Arabik içeren havuç suyu tozu ilavesiyle istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Lezzet bakımından en çok beğenilen örneklerin %1 ve %5 oranında gam Arabik içeren havuç suyu tozu ilavesiyle hazırlanan örnekler olduğu belirlenmiştir. %10 oranında ve sonrasında havuç suyu tozu ilavesinin örneklerin lezzet skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalışa neden olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Genel olarak konsantrasyon arttıkça lezzet değerlerinde azalış gözlenmiştir. Tüm dip soslarda yabancı lezzete rastlanmıştır. Genel beğeni skorları incelendiğinde ise; en düşük konsantrasyonda havuç suyu tozu katkılı örneklerin en çok beğenilen örnekler olduğu saptanmıştır. Konsantrasyon artışı genel olarak genel beğeni sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmuştur ($p<0.05$). Panelist yorumları doğrultusunda gam Arabik içeren havuç suyu tozu ilavesiyle yoğurtların tatlılığının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Ayrıca havuç suyu tozu konsantrasyonu arttıkça kıvamda meydana gelen azalmaya bağlı olarak dip sosların kaşıktan akma davranışı sergilediği gözlenmiştir.



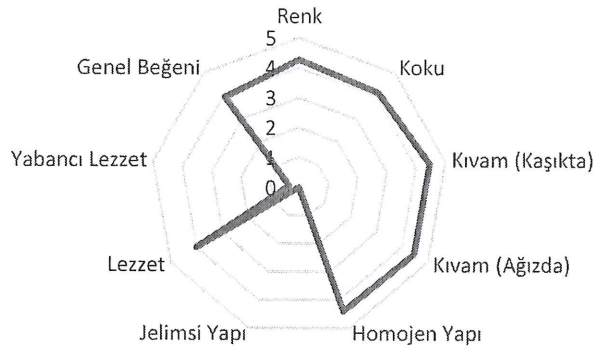
Şekil 4.155. %0.5 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



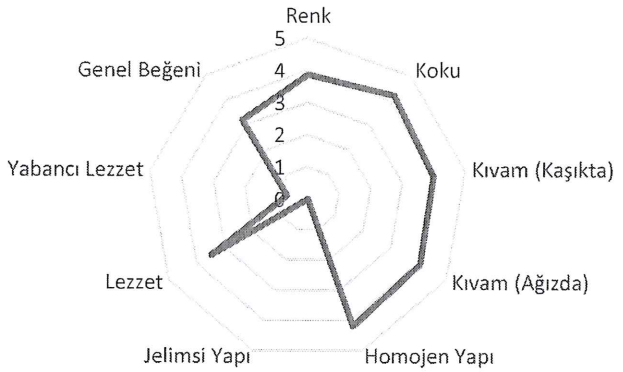
Şekil 4.156. %1 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



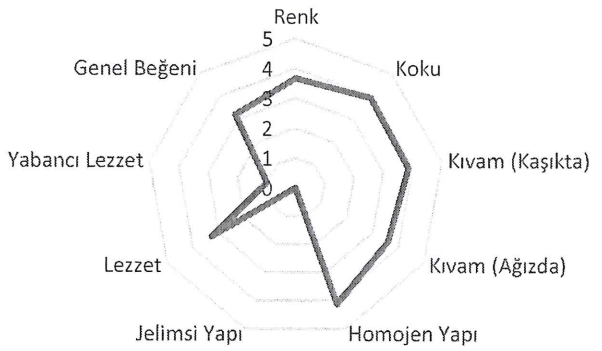
Şekil 4.157. %5 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.158. %10 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.159. %15 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları



Şekil 4.160. %20 oranında gam Arabik katkılı havuç suyu tozu içeren dip sos için duyusal değerlendirme sonuçları

Panelist yorumları ışığında havuç suyu tozu ile hazırlanan dip soslarda genel olarak %10 ve üstü konsantrasyonlarda havuç tadının algılandığı ve tatlılığın önemli ölçüde arttığı sonucuna varılmıştır. Tüm havuç suyu tozları süzme yoğurt ile homojen bir şekilde kısa sürede karışmıştır. Havuç suyu tozlarının kıvamını belirlemek için kaşıktan düşme süreleri incelenmiş ve peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının %5 konsantrasyon ve sonrasında, maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının ise %10 konsantrasyon ve sonrasında kaşıktan döküldüğü gözlenmiştir. Kıvamı en düşük olan dip sosun gam Arabik içeren, kıvamı en yüksek olan dip sosun ise maltodekstrin içeren havuç suyu tozu ile hazırlanan dip sos olduğu gözlenmiştir.

Kurutma ajanları arasındaki fark açısından incelendiğine ise; renk, koku, homojen yapı ve lezzet açısından en çok beğenilen dip sosların peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip soslar olduğu belirlenmiştir. Kaşıkta kıvam açısından en yüksek skora maltodekstrin katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip soslarda rastlanmıştır. Genel beğeni ve ağızda kıvam sonuçları bakımından ise en çok beğenilen dip sosların peynir altı suyu tozu ve gam Arabik katkılı havuç suyu tozu ile üretilen dip soslar olduğu saptanmıştır.

Yüksek karoten içerikli gıda katkısı elde etmek amacıyla yapılan bir çalışmada; yıkanan ve kabukları soyulan havuçlar (*Daucus carota* L.), haşlanarak (1 dakika süreyle buharla) ve sülfitlenerek (%0.125'lik potasyum metabisülfit solüsyonu 1 saat süreyle) 50°C'de 12 saat süreyle fırında kurutulmuş ve öğütülerek toz hale getirilmiştir. Elde edilen havuç tozları çorba (dal soup), helva (suji halwa) ve pide/ekmek (chapati; Hindistan ve Pakistan'a özgü pide ekmek) yapımında kullanılmıştır. Çorba ve helva formülasyonuna 10 gram havuç tozu ilave edilirken, pide formülasyonuna buğday ununa yer değiştirme prensibine dayanarak; %0, %10, %20 ve %30 oranlarında havuç tozu ilave edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre sade ve 3000µg karoten/ porsiyon içermekte olan havuç tozu katkılı çorbaların renk ve lezzet skorları arasında istatistiksel olarak anlamı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Sade ve havuç tozu katkılı helvaların duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde ise lezzet açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), havuç tozu katkılı helvaların renk olarak daha çok beğenildiği sonucuna varılmıştır ($p<0.05$). Ayrıca, yapılan karoten analizi sonucunda 1 porsiyon helvanın 3010.60µg karoten içerdiği sonucuna varılmıştır.

Pidelerin duyusal test sonuçları incelendiğinde ise; örneklerin lezzet ve genel beğeni skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ($p>0.05$), renk ve yapı açısından %20 ve üzerinde havuç tozu içeren örneklerin daha az beğenildiği ($p<0.05$) sonucuna varılmıştır. Ayrıca havuç tozu miktarındaki artışla pidelerin karoten içeriği artmıştır (750, 1500 ve 2250µg karoten sırasıyla %10, %20 ve %30 havuç tozu içeren örnekler için) (Pandey et al., 2003).

5. SONUÇ

Türkiye'de yüksek oranda yetiştirilen ıspanak ve havucun kullanım alanlarının arttırılmasının ve tüketilmeden atılan miktarının değerlendirilmesinin ülkemiz açısından ekonomik ve tarımsal fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, bu tez kapsamında, ıspanak ve havuç suyunun püskürtmeli kurutucuda kurutularak toz forma dönüştürülmesi ve elde edilen tozların çorbalarda, salata soslarında, bebek mamalarında, yemeklerde ve detoks suları gibi özel amaçlı ürünlerde ve ayrıca lezzet ve renk ajanı gibi katkı maddesi olarak kullanılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, ıspanak ve havuçların raf ömrü arttırılmış, paketleme, depolama, taşıma ve doz ayarlama kolaylığı sağlanmış, üretim fazlası değerlendirilerek atık oluşumu engellenmiş ve ekonomik potansiyeli ve kullanım alanları (kozmetik, ilaç sanayi vb.) arttırılmış olacaktır.

Bu amaçla, ıspanak suları kurutma ajanı kullanılmadan, havuç suları ise (kurutma ajanı eklenmeksizin kurutulması mümkün olmadığı için), farklı oranlarda (12, 16 ve 20°Briks kuru madde içeriğine sahip olacak miktarda) maltodekstrin (18-20 DE), peynir altı suyu tozu ve gam Arabik ilave edilerek püskürtmeli kurutucuda (160-200°C/80-100°C hava giriş/çıkış sıcaklıkları) kurutulmuştur. Elde edilen toz ürünlerin fiziksel (nem içeriği, su aktivitesi, renk ve pH), kimyasal (C vitamini, toplam karotenoid, toplam klorofil (ıspanak tozları için) ve toplam fenolik madde miktarı ve mineral madde içeriği) ve toz ürün özelliklerinde (ıslanabilirlik, çözünürlük, dağılabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik ve yapışkanlık), camsı geçiş sıcaklığı ve morfolojisinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Ayrıca, püskürtmeli kurutucunun enerji verimi ve toz ürün veriminin belirlenmesi de tez çalışmasının kapsamı içindedir.

Seçilen koşullarında üretilen (160/100°C hava giriş/çıkış sıcaklığı) ıspanak suyu tozları ve farklı kurutma ajanları içeren havuç suyu tozları (160/80°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 12°Briks) alüminyum kaplı polietilen ambalajla ambalajlandıktan sonra 3 farklı sıcaklıkta (4±2°C, 20 ±2°C ve 30±2°C) depolanmış ve depolama boyunca ıspanak ve havuç suyu tozlarının fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen değişimler takip edilmiştir.

Elde edilen ıspanak ve havuç suyu tozlarının tüketici tarafından tercih edilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla örnek gıda sistemi olarak süzme yoğurt seçilmiş ve ıspanak/havuç suyu tozu içeren dip sos üretilmiştir. Yarı eğitilmiş 15 panelist ile duyusal olarak dip sosların; renk, koku, kaşıkta ve ağızda kıvam, homojen ve jelimsi yapı, lezzet, yabancı lezzet ve genel beğeni özellikleri değerlendirilmiştir.

Ispanak suyu ısı uygulamasından kaynaklanabilecek kayıplara neden olmamak amacıyla herhangi bir konsantrasyon/ön evaporasyon işlemine tabi tutulmadan, kurutma ajanı kullanılmaksızın püskürtmeli kurutucuya beslenmiş ve yanma/yapışma olmaksızın başarılı bir şekilde kurutulmuştur. Ispanak suyu tozlarının verimi %67.32-82.82 arasında değişmiştir. Kullanılan püskürtmeli kurutucunun enerji verimi incelendiğinde; SMER, MER ve SEC değerleri sırasıyla 0.21-0.58kg/kWh, 1.35-2.47kg/h ve 6.26-16.85MJ/kg arasında değişmiştir.

Ispanak suyu tozlarının nem içeriği %10'un altında (%5.56-9.29), su aktivitesi değeri (0.238-0.309) ise 0.309'un altında bulunmuştur ve bu nedenle ıspanak suyu tozları mikrobiyal gelişme ve biyokimyasal reaksiyonlara karşı stabil kabul edilebilir.

Kurutma işlemi sırasında suyun uzaklaşmasıyla elde edilen toz ürünlerin L* değerleri, taze ıspanak suyuna göre daha yüksek bulunmuştur. Hava giriş sıcaklığı arttıkça genel olarak L* ve a* değerleri istatistik olarak önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Bu durumun, kurutma işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda ve oksijen varlığında pigmentlerde meydana gelen bozulma ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanabileceği; a* değerlerinde meydana gelen değişmelerin ise; klorofil ve karotenoidlerin dekompozisyonu ve kahverengi pigmentlerin oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ispanak suyunun pH değeri 6.07±0.02 olarak ölçülmüş ve kurutma işlemiyle asitliğin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu durumun yüksek sıcaklıklarda organik asitlerde meydana gelen kayıplardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Püskürtmeli kurutma işlemi sırasında ıspanak suyunun ve tozunun oksijen ile teması sonucunda oluşan oksidasyon reaksiyonları, beslemeden önce ve besleme işlemi sırasında ıspanak sularının ışığa maruz kalması ve kurutma işlemi sırasında uygulanan yüksek hava giriş sıcaklıklarının C vitamini, toplam karotenoid, klorofil ve toplam fenolik madde kaybına neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

C vitamini kaybı incelendiğinde, % kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan örnekler için ortalama olarak sırasıyla %29.05, %52.31 ve %54.83 bulunmuştur. Genel olarak hava giriş ve çıkış sıcaklığı attıkça örneklerin C vitamini içeriğinde meydana gelen kayıp artmıştır.

Toplam klorofil içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %37.14, %53.53 ve %56.72 olarak bulunmuştur.Hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışın önce büyük miktarda kayba daha sonra ise daha az miktarda kayba neden olduğu gözlenmiştir.

Toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp miktarları 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığında kurutulan ıspanak suyu tozları için sırasıyla %54.08, %64.90 ve %71.10 olarak bulunmuştur. Hava çıkış sıcaklıklarına göre toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp incelendiğinde ise; 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan ıspanak tozları için sırasıyla %49.28, %69.82 ve %70.97 olarak bulunmuştur. Yüksek sıcaklıklarda ve oksijen varlığında karotenoidlerin dekompozisyonu nedeniyle hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki artışın karotenoid içeriğinde yüksek miktarda kayba neden olduğu düşünülmektedir.

Toplam fenolik madde kaybı 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş ve 80°C, 90°C ve 100°C hava çıkış sıcaklıklarında kurutulan ıspanak tozları için sırasıyla %9.71, %28.47 ve %28.16 ve %22.40, %21.84 ve %22.09 olarak bulunmuştur.

Ispanak tozlarında sekiz temel mineral madde (sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum, çinko, mangan, demir ve bakır) belirlenmiş ve ıspanak tozlarındaki sodyum, potasyum ve magnezyum miktarı diğer mineral maddelere

göre yüksek bulunmuştur. Seçilen kurutma koşullarında kurutulan örnekler için en fazla kayıp potasyumda en az kayıp ise çinkoda meydana geldiği gözlenmiştir.

Ispanak suyu tozlarının ortalama ıslanabilme süreleri 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklıkları için sırasıyla 274.32s, 139.56s ve 252.17s olarak bulunmuştur. Ispanak suyu tozlarının çözünürlük süresinin hava giriş ve çıkış sıcaklığından ve son ürünün kalan nem içeriğinden istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği gözlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek nem içeriğine sahip tozların (%9.29, 180/90°C hava giriş/çıkış sıcaklığında kurutulanlar) en düşük çözünürlük süresine sahip olduğu gözlenmiştir.

Ispanak suyu tozlarının ortalama dağılabilirlik değerleri artan hava giriş sıcaklığıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmış ($p<0.05$) ve 160°C, 180°C ve 200°C hava giriş sıcaklığı için ortalama %65.71, %59.62 ve %58.45 olarak bulunmuştur.

Hava giriş ve çıkış sıcaklığındaki değişimin ıspanak suyu tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır ($p>0.05$).

Hava giriş sıcaklığındaki değişimin ıspanak suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Ancak, ıspanak suyu tozlarının yapışkanlık değerinin hava çıkış sıcaklığından istatistiksel olarak etkilenmediği sonucuna varılmıştır ($p>0.05$).

Ispanak suyu tozlarının camsı geçiş sıcaklığı (orta nokta) 160/80°C, 160/90°C ve 160/100°C giriş/ çıkış sıcaklıkları için sırasıyla 64.92°C, 85.97°C ve 73.42°C olarak belirlenmiştir. Ispanak suyu tozları kurutma ajanı katkısı olmaksızın kurutulduğu için kapsül ve küresel bir yapı oluşmadığı, büzüşmeler ve çatlaklar olduğu görülmektedir.

Depolama süresince her üç sıcaklık içinde ilk ay sonunda nem içeriği artmış sonra ise azalmıştır. Bu durumun paketleme sırasında ya da paket içindeki havada kalan nemin gıdaya geçmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, paketleme materyaline rağmen depolama ortamında bulunan havanın nem içeriğinin gıdaya geçişi de nem içeriğindeki artışa neden olmuş olabilir. Ispanak

suyu tozlarını su aktivitesi değerinin ilk ay sonunda tüm koşullar için azaldığı ve 30±2°C depolanan örnekler dışında diğer örneklerin su aktivitesinin depolama periyodu boyunca genel olarak arttığı gözlenmiştir.

Parlaklık değeri depolamanın ilk aylarında oldukça yavaş bir oranda değişim gösterirken; artan depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak azalmıştır ($p<0.05$). 4°C ve 20°C'de depolama boyunca L* değerinde önce azalış sonra artış meydana geldiği gelmiştir. 30°C'de depolanan tozların kendine özgü yeşil rengini kaybetmeye başlayarak a* değerinin arttığı; 4°C ve 20°C'de depolanan örneklerin ise benzer bir davranış göstererek 2. aya kadar arttığı daha sonra ise azaldığı gözlenmiştir. b* değerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde ise; 3. ay depolama dışında depolanan örneklerin b* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

Renk değerlerinde meydana gelen değişmelerin kimyasal kinetiği incelendiğinde 4 ve 20°C'de depolanan örneklerin L*, a* ve b* değerleri için elde edilen sonuçların da düşük R^2 değerine sahip olduğu görülmüştür. Ancak, 30°C'de depolanan ıspanak suyu tozlarının a* değerinde meydana gelen değişmelerin 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu gözlenmiştir. Belirtilen sıcaklık için 1. dereceden reaksiyon kinetiği sabiti sırasıyla $k_1=0.219$ ($R^2=0.9444$) olarak bulunmuştur. Ispanak suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişimin depolama süresi ve sıcaklığıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde değişmediği gözlenmiştir ($p>0.05$).

Ispanak suyu tozlarının kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişimler genel olarak 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak gerçekleşmiştir. Ancak toplam klorofil ve fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimler 2 ayrı davranış sergilediği için 2 ayrı 1. dereceden reaksiyon kinetiği uygulanmıştır. Birinci dereceden reaksiyon hız sabitinin (k), depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak genel olarak arttığı görülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda depolanan örneklerde daha fazla kayıp meydana gelmiştir. En yüksek aktivasyon enerjisi değeri C vitamini içeriği için; en düşük aktivasyon enerjisi değeri ise toplam karotenoid içeriği için hesaplanmıştır. En yüksek birinci dereceden reaksiyon hız sabiti (k) değeri toplam klorofil (0. ve 1. aylar arası) ve

toplam karotenoid içeriği için elde edilmiştir. Benzer bir şekilde en çok kayıp toplam karotenoid içeriğinde meydana gelmiştir.

Ispanak suyu tozlarının depolama boyunca yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri ilk ay sonunda istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmış ($p<0.05$), daha sonra ise hemen hemen sabit kalmıştır ($p>0.05$). Depolama boyunca her üç sıcaklık için de akabilirlik ve yapışkanlık değerleri genel olarak orta düzeyde bulunmuştur. En iyi akabilirlik ve yapışkanlık davranışı oda sıcaklığında depolanan örneklerde rastlanmıştır. Toz ürünlerin Carr İndeks ve Hausner oranları ilk iki ay boyunca azalarak iyi-çok iyi ve düşük seviyelere ulaşmıştır. Ancak daha sonra toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık değerleri orta düzeye yükselmiştir.

Süzme yoğurtla yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre ıspanak suyu tozu konsantrasyonu arttıkça genel olarak lezzet, koku, renk ve genel beğeni sonuçlarının azaldığı; homojen yapı, kaşıkta ve ağızda kıvam sonuçlarının ise istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmediği gözlenmiştir ($p>0.05$). Jelimsi yapı ve yabancı lezzet panelistler tarafından algılanamamıştır.

Havuç suyunun kurutulmasında kullanılan kurutma ajanlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri belirlenmiş ve genel olarak; en yüksek nem içeriği, su aktivitesi, sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, yapışkanlık, çözünürlük ve ıslanabilirlik süresine sahip kurutma ajanının gam Arabik olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). L* değeri en yüksek olan kurutma ajanının maltodekstrin, en düşük olanın ise gam Arabik olduğu gözlenmiştir. a* ve b* değerleri incelendiğinde ise; peynir altı suyu tozunun diğer kurutma ajanlarına göre yüksek değerlere sahip olduğu ($p<0.05$), maltodekstrinin ise a* ve b* değerlerinin sıfıra yakın olduğu görülmüştür.

Havuç suyu kurutma ajanı kullanılmaksızın kurutulmuş ancak verimin çok düşük olması nedeniyle kurutma ajanı kullanımına karar verilmiştir. Hava çıkış sıcaklığı ve kurutma ajanı konsantrasyonu artıkça, enerji tüketiminin arttığı görülmüştür. En yüksek verimin maltodekstrin içeren havuç sularının, en düşük verimin ise peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının kurutulmasıyla elde edildiği görülmektedir. En düşük su aktivitesi değerine sahip havuç suyu tozlarının gam Arabik (0.158-0.236) içeren tozlar olduğu, bunu sırasıyla maltodekstrin (0.133-0.287) ve peynir altı suyu tozu (0.136-0.353) içeren havuç suyu tozlarının takip ettiği gözlenmiştir.

Havuç suyu tozlarının C vitamini, toplam karotenoid ve toplam fenolik madde miktarının artan kurutma ajanı konsantrasyonu ve hava giriş ve çıkış sıcaklığıyla genellikle istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek C vitamini değerleri genel olarak kuru madde içeriği 12°Briks olan maltodekstrin içeren havuç sularının kurutulması ile elde edilen tozlarında, en düşük C vitamini değerleri ise kuru madde içeriği 12°Briks olan peynir altı suyu tozu içeren havuç sularının kurutulması ile elde edilen tozlarında gözlenmiştir. Havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğini en iyi koruyan kurutma ajanı peynir altı suyu tozu olduğu gözlenmiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen ortalama kayıp besleme kuru madde içeriğine bağlı olarak %43.41 ile %58.3 arasında değişmektedir. Püskürtmeli kurutma işlemiyle en fazla fenolik madde kaybı maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarında gözlenirken, gam Arabiğin fenolik maddeleri yüksek oranda koruma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Peynir altı suyu tozu ilavesiyle kurutulan havuç suyu tozlarının diğer tozlara göre mineral madde içeriklerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. En düşük mineral madde içeriği maltodekstrin içeren tozlarda gözlenmiştir.

Havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik ve çözünürlük süreleri incelendiğinde, peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının diğerlerine kıyasla çok kısa sürede ıslanabildiği ve çözünebildiği görülmektedir. En yüksek yığın yoğunluğu değerleri maltodekstrin içeren tozlarda gözlenirken (622.34kg/m^3); en düşük yığın yoğunluğu peynir altı suyu tozu (551.91kg/m^3) içeren tozlarda gözlenmiştir. Havuç suyu tozlarının sıkıştırılma yüzdesi hesaplanmış ve maltodekstrin, peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozları için ortalama %26.75, %28.13 ve %22.16 olarak bulunmuştur. Yüksek yığın yoğunluğu değeri, taşıma ve depolama maliyetlerini düşürürken, düşük sıkıştırılabilme yüzdesi toz partiküller arasında daha az hava bulunduğunu ve toz ürünlerin oksidatif reaksiyonlara karşı daha stabil olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri açısından maltodekstrinin diğer kurutma ajanlarına göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

En yüksek dağılabilirlik değerine peynir altı suyu tozu içeren tozların, en düşük dağılabilirlik değerlerine ise gam Arabik içeren tozların sahip olduğu

görülmektedir. En iyi akabilirlik ve yapışkanlık davranışı sergileyen havuç suyu tozları gam Arabik içeren havuç suyu tozlarıdır.

Havuç suyu tozlarının morfolojik yapıları incelendiğinde; peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının genel olarak 160°C hava giriş sıcaklığında küresel yapı oluşturamadığı ancak diğer kurutma ajanlarına kıyasla daha düz yüzeye ve küresel şekle sahip olduğu görülmüştür. En fazla büzüşme ve çatlamalar gam Arabik içeren tozlarda gözlenirken, hava giriş sıcaklığı arttıkça kapsüllerde çatlama ve büzüşme oranı artmıştır.

Depolama boyunca maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği ve su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim incelendiğinde, nem içeriğinin her üç depolama sıcaklığında da depolama süresi boyunca arttığı; su aktivitesi değerinin ise ilk ay sonunda azaldığı, daha sonraki aylar boyunca ise arttığı gözlenmiştir. Depolama boyunca peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının nem içeriği ve su aktivitesi değerinde meydana gelen değişim incelendiğinde, her iki kurutma ajanı içinde benzer davranışlar gözlenmiş olup; nem içeriği ilk ay sonunda azalmış, daha sonraki aylar boyunca ise artmıştır. Su aktivitesi değeri ise depolama boyunca artış göstermiştir.

Depolama boyunca maltodekstrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının renk değerleri incelendiğinde, parlaklık değeri genel olarak azalmış, yeşillik/kırmızılık değeri önce artmış sonra azalmış, sarılık/mavilik değeri ise genel olarak artmıştır. Parlaklık değerinde meydana gelen kayıpların paket içinde kalmış olabilecek havadan kaynaklı oksidasyon reaksiyonları ya da enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. b* değerinde meydana gelen azalışın nedeni karotenoid içeriğinde meydana gelen kayıplardan kaynaklanmış olabilir. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının parlaklık değerinde azalma meydana gelmiş, 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarının a* değerleri 20°C ve 30°C'de depolananlara göre yüksek bulunsa da tüm sıcaklıklar için a* değerlerinde meydana gelen değişim benzer bir davranış sergilemiş ve her üç depolama sıcaklığı için de b* değerleri depolama süresince genel olarak azaldığı gözlenmiştir.

Her üç kurutma ajanını için de, L*, a* ve b* değerlerinde meydana gelen değişmelerin yüksek R^2 değerine sahip olmadığı gözlenmiş ve havuç suyu tozlarının L*, a* ve b* değerlerinde meydana gelen değişimin her üç kinetik

modele de uymadığı belirlenmiştir. Havuç suyu tozlarının pH değerinde meydana gelen değişimin depolama sıcaklığından ve süresinden istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmediği gözlenmiştir ($p>0.05$).

En yüksek C vitamini kaybı en yüksek sıcaklıkta depolanan havuç suyu tozlarında gözlenmiştir. Seçilen sıcaklıklarda depolanan maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 1. ve 2. dereceden kinetik modellere uyum göstermiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler genellikle 2. dereceden kinetik modele uyum göstermiştir. 20°C ve 30°C'de depolanan gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler düşük R^2 değeri nedeniyle kullanılan kinetik modellere uyum göstermediği düşünülmektedir. 4°C'de depolanan gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının C vitamini içeriğinde meydana gelen değişmeler 0. dereceden kinetik modele uyum göstermiştir.

Maltodekstrin içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler kinetik modellere uyum göstermemiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler genel olarak 2. Dereceden kinetik modele uyum göstermiştir. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam karotenoid içeriğinde meydana gelen değişmeler incelendiğinde ise; 4°C'de depolanan havuç suyu tozlarında her üç kinetik model için yüksek R^2 değeri gözlense de, diğer sıcaklıklarda depolanan örnekler kinetik modellere uyum göstermemiştir.

Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler genel olarak 0. dereceden kinetik modele uyum göstermiştir. Birinci dereceden reaksiyon hız sabitinin (k), depolama sıcaklığındaki artışa bağlı olarak genel olarak arttığı görülmektedir. Peynir altı suyu tozu ve gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişmeler için aktivasyon enerjisi hesaplanmış ve 8.03 (R^2=0.8905) ve 5.31 (R^2=0.7960) kJ/mol olarak bulunmuştur.

Maltodeksrin içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik ve çözünürlük süreleri artan depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak genellikle artmıştır. Peynir

altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri depolama boyunca azalsa da, çözünürlük süreleri önce artmış sonra ise azalmıştır. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süresinde depolama sıcaklığına ve süresine bağlı düzenli bir değişim saptanamamış ancak çözünürlük süresi depolama boyunca artış göstermiştir. Farklı kurutma ajanları içeren havuç suları depolama boyunca farklı eğilimler gösterse de, farklı sıcaklıklarda depolanan örnekler benzer davranışlar sergilemiştir.

Maltodeksrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu değeri depolama boyunca artarken, gam Arabik içeren havuç suyu tozları için belirgin bir değişim gözlenememiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değeri depolama boyunca artarken, diğer kurutma ajanlarını içeren havuç suyu tozlarında belirgin bir etki gözlenememiştir.

Maltodeksrin ve peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışı depolama boyunca iyileşmiştir. Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışı genel olarak orta ve geçebilir düzeyde bulunurken, yapışkanlık davranışı açısından ise orta düzeyde bulunmuştur. Gam Arabik içeren havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışı 1. ve 3. ay için genel olarak geçebilir düzeyde bulunurken, 2. ay için zayıf ve çok zayıf olarak belirlenmiştir. Yapışkanlık davranışı ise genel olarak orta düzeyde bulunmuştur.

Panelist yorumları ışığında havuç suyu tozu ile hazırlanan dip soslarda genel olarak %10 ve üstü konsantrasyonlarda havuç tadı geldiği ve tatlılığın önemli ölçüde arttığı sonucuna varılmıştır. Kıvamı en düşük olan dip sosun gam Arabik içeren, kıvamı en yüksek olan dip sosun ise maltodekstrin içeren havuç suyu tozu ile üretilen dip sos olduğu gözlenmiştir. Renk, koku, homojen yapı ve lezzet açısından en çok beğenilen dip sosların peynir altı suyu tozu katkılı havuç suyu ile üretilen dip soslar olduğu belirlenmiştir. Kaşıkta kıvam açısından en yüksek skora maltodekstrin katkılı havuç suyu ile üretilen dip soslarda rastlanmıştır. Genel beğeni ve ağızda kıvam sonuçları bakımından ise en çok beğenilen dip sosların peynir altı suyu tozu ve gam Arabik katkılı havuç suyu ile üretilen dip soslar olduğu saptanmıştır.

6. ÖNERİLER

Ispanak suyu kurutma ajanı kullanılmaksızın püskürtmeli kurutucuya beslenmiş ve yanma-yapışma işlemi olmaksızın başarılı bir şekilde kurutulmuştur. Ispanak suyu tozlarının verimi %67.32-82.82 arasında değişmiştir. Ispanak suyuna farklı kurutma ajanları ilave edilerek ıspanak suyu tozu veriminin arttırılabileceği düşünülmektedir.

Yapışma problemi nedeniyle doğrudan kurutulamayan havuç suyu gibi yüksek şeker ya da organik asit içerikli beslemelere kurutma ajanı ilavesiyle yapışma problemi ortadan kalkmakta ve toz ürün eldesi sağlanmaktadır. Beslemeye eklenen kurutma ajanı miktarındaki artış toz ürün verimini arttırmaktadır. Ancak yüksek miktarlarda kurutma ajanı ilavesi ekstra maliyet getirmesinin yanı sıra, orjinal ürünün renk, koku ve lezzet gibi kendine has duyusal özelliklerinde kayba neden olmaktadır. Yapışma problemini azaltmanın yeni bir yöntemi ise, atomize edilen partiküllerin az miktarda protein ilavesiyle yüzey özelliklerinin iyileştirilmesidir (Adhikari et al., 2009; Adhikari et al., 2009). Proteinlerin film oluşturma yetenekleriyle yüzey aktif özellikleri (havaya ayrıcalıklı hareket/su ara yüzeyi) sayesinde kurutma işlemi sırasında yapışma probleminin önüne geçilebilmektedir (Adhikari et al., 2009). Bu amaçla, kullanılan kurutma ajanına ilave olarak az miktarlarda protein ilavesiyle kurutma işleminin veriminin arttırılabileceği düşünülmektedir.

Jinapong et al. (2008) yaptıkları çalışmada, partikül boyutunda meydana gelen küçük değişimlerin soya sütünün akabilirlik davranışını büyük ölçüde etkilemediği, ancak aglomerasyon işlemi ile elde ettikleri farklı büyüklükteki (10 veya 100 kat) partikül boyutlarının akabilirliği önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışma sonucunda, kurutma ajanı konsantrasyonundaki artış havuç suyu tozlarının akabilirlik davranışını iyileştirmiş ve daha kolay akan havuç suyu tozları elde edilmiştir. Kurutma ajanı miktarındaki artışa alternatif olarak, havuç suyu tozlarına aglomerasyon işleminin uygulanması ıslanabilirlik, çözünürlük, akabilirlik ve yapışkanlık gibi toz ürün özelliklerini iyileştireceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V. and Oliveira, V. M., 2004, Physical Properties of Powdered Pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of malt dextrin Concentration and Atomization Speed, Journal of Food Engineering, 64: 285-287.

Achir, N., Randrianatoandro, V.A., Bohuon, P., Laffargue, A., and Avallone, S., 2010, Kinetic study of b-carotene and lutein degradation in oils during heat treatment, European Journal of Lipid Science and Technology, 112:349–361.

Agte, V.V., Tarwadi, K.V., Mengale, S., and Chiplonkar, S.A., 2000, Potential of traditionally cooked green leafy vegetables as natural sources for supplementation of eight micronutrients in vegetarian diets, Journal of Food Composition and Analysis, 13, 885–891.

Ahamad, M.N., Saleemullah, M., Shah, H.U., Khalil, I.A., and Saljoqi, A.U. R., 2007, Determination of β-carotene content in fresh vegetables using high performance liquid chromatography, Sarhad Journal of Agriculture, 23 (3):767-770.

Altuğ, T., ve Elmacı, Y., 2005, Gıdalarda duyusal değerlendirme. Meta Basım. İzmir. 130s.

Amerie, M., and Maa, Y.F., 2006, Spray drying of biopharmaceuticals: stability and process considerations, Drying Technology, 24, 763–768.

Anonim, 2008, Dünya meyve suyu sektörüne bakış, www.meyed.org.tr, (Erişim tarihi: 27.12.2014).

AOAC, 2000, Official methods of analysis, 17th ed. Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Arıkan, M.F., 2009, Mikrodalga İle Kurutulan Havuçların Kuruma Özelliklerinin ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 66 sayfa.

Avila, E.L., Rodríguez, M.C., and Velasquez, H.J.C., 2015, Influence of maltodextrin and spray drying process conditions on sugarcane juice powder quality. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 68, 7509-7520.

Azam, A., Khan, I., Mahmood, A., and Hameed, A., 2013, Yield, chemical composition and nutritional quality responses of carrot, radish and turnip to elevated atmospheric carbon dioxide, Journal of Science Food Agriculture, 93: 3237–3244.

Badr, H.M., and Mahmoud, K.A., 2011, Antioxidant activity of carrot juice in gamma irradiated beef sausage during refrigerated and frozen storage, Food Chemistry, 127, 1119–1130.

Bae, E.K., and Lee S.J., 2008, Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin, Journal of Microencapsulation, 25(8): 549–560.

Baker, C.G.J., and McKenzie, K.A., 2005, Energy consumption of industrial spray dryers, Drying Technology, 23, 365–386.

Bao, B., and Chang, K.C., 1994, Carrot pulp chemical composition, color, and water-holding capacity as affected by blanching, Journal of Food Science, 59:1159–1161.

Baranauskaite, J., Ivanauskas L., Masteikova, R., Kopustinskiene, D., Baranauskas, A., and Bernatonien, J., 2017, Formulation and characterization of Turkish oregano microcapsules prepared by spray-drying technology, Pharmaceutical Development and Technology, 22(6):792-803.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Barbosa, J., Borges, S., Amorim, M., Pereira, M., Oliveira, A., Pintado, M., et al., 2015, Comparison of spray drying, freeze drying and convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder, Journal of Functional Foods, 17, 340-351.

Barbosa-Cánovas, G.V., and Juliano, P., 2005, Physical and chemical properties of food powders, In C. Onwulata (Eds.), Encapsulated and powdered foods (pp. 39–71). Washington: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Barzegar, M., Erfani, F., Jabbari, A., and Hassandokht, M.R., 2007, Chemical composition of 15 spinach (*Spinacea oleracea* l.) cultivars grown in Iran, Italian Journal of Food Science, 19 (3):309-318.

Baysal, T., İcier, F., Ersus, S., and Yıldız, H., 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic, European Food Research and Technology, 218 (1), 68–73.

Bhandari, B.R., Senoussi, A., Dumoulın, E.D., and Lebert, A., 1993, Spray drying of concentrated fruit juices, Drying Techonology, 11, 1081-1092, 1993.

Bhandari, B.R., Datta, N., and Howes, T., 1997, Problems Associated with Spray Drying of Sugar-Rich Foods, Drying Technology, 15: 671-684.

Bhandari, B., and Howes, T., 2005, Relating the stickiness property of foods undergoing drying ve dried products to their surface energetics, Drying Technology, 23: 781-797.

Bhattacharjee, S., Dasgupta, P., Paul, A.R., Ghosal, S., Padhi, K.K. and Pandey, L.P., 1998, Mineral element composition of spinach, Journal of Science Food Agriculture, 77, 456–458.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bhusari, S.N., Muzaffar, K., and Kumar, P., 2014, Effect of carrier agents on physical ve microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder, Powder Technology, 266: 354-364.

Boonyai, P., Bhandari, B., and Howes, T., 2004, Stickiness measurement techniques for food powders: a review, Powder Technology, 145, 34–46.

Bos, M.A., and van Vliet T, 2001, Interfacial rheological properties of adsorbed protein layers and surfactants: a review, Advances in Colloid and Interface Science, 27;91(3):437-71.

Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J.L., and Agnely, F., 2012, Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field, International Journal of Pharmaceutics, 436: 359-378.

Brunsgaard, G., Kidmose, U., Sorensen, L., Kaack, K., and Eggum, B.O., 1994, The influence of variety and growth conditions on the nutritive value of Carrots, Journal of Science Food Agriculture, 65:163–170.

Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe´, R., and Camp, J.V., 2008, Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.), Food Chemistry, 108, 649–656.

Burdurlu, H.S., Koca, N., and Karadeniz, F., 2006, Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage, Journal of Food Engineering, 74. 211-216.

Cai, Y., and Corke, H., 2000, Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments, Journal of Food Science, 65, 1248–1252.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Caliskan, G., Lim, A.S.L. and Roos, Y.H., 2015, Beta-carotene stability in extruded snacks produced using interface engineered emulsions, International Journal of Food Properties, 18:2256–2267.

Caliskan, G., and Dirim, N.S., 2016, The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders, Powder Technology, 287,308–314.

Caliskan, G., and Dirim, N. S., 2013, The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract, Food and Bioproducts Processing, 91, 539-548.

Can Karaca, A., Guzel, O., and Ak, M.M., 2016, Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate, Journal of the Science of Food and Agriculture, 96, 449-455.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., and Cal-Vidal, J., 2005, Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6: 420–428.

Cano-Chauca, M.N., Stringheta, P.C., Barbosa, S.J., Fonseca, K.S., and Silva, F.V., 2011, Influence of microstructure on the hygroscopic behaviour of mango powdered obtained by spray drying, African Journal of Food Science, 5, 148-155.

Carneiro, H.C.F., Tonon, R.V., Grosso, C.R.F., and Hubinger, M.D., 2013 Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials, Journal of Food Engineering, 115, 443–451.

Chegini, G.R., and Ghobadian, B., 2005, Effect of spray drying conditions on physical properties of orange juice powder, Drying Technology, 23, 657-668.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Chegini, G.R., and Ghobadian, B., 2007, Spray dryer for fruit juice drying, World Journal of Agricultural Sciences, 3 (2): 230-236.

Chen, X.D., and Patel, K.C., 2008, Manufacturing Better Quality Food Powders from Spray Drying and Subsequent Treatments, Drying Technology, 26: 1313–1318.

Chiou, D., and Langrish, T.A.G., 2007, Development and characterization of novel nutraceuticals with spray drying technology, Journal of Food Engineering, 82, 84-91.

Chong, S.Y., and Wong, C.W., 2015, Production of spray-dried sapodilla (*Manilkara zapota*) powder from enzyme-aided liquefied puree, Journal of Food Processing and Preservation, 39, 2604-2611.

Chopda, C.A., and Barrett, D.M., 2001, Optimization of guava juice and powder production, Journal of Food Processing and Preservation, 25, 411-430.

Chua, K.J., Chou, S.K., Ho, J.C., and Hawlader, M.N.A., 2002, Heat pump drying: recent developments and future trends, Drying Technology, 20 (8), 1580-1600.

Cui, Z.W., Xu, S.Y., and Sun, D.W., 2004, Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices, Journal of Food Engineering, 65 (2), 157-164.

Çıtak, S., and Sonmez, S., 2009, Mineral contents of organically and conventionally grown spinach (*Spinacea oleracea* L.) during two successive seasons, Journal of Agriculture Food Chemistry, 57, 7892–7898.

Dar, A.H., Sharma, H.K., and Kumar, N., 2014, Effect of extrusion temperature on the microstructure, textural, and functional attributes of carrot pomace-based extrudates, Journal of Food Processing and Preservation, 38, 212–222.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R., and Paredes-López, O., 2000, Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains-Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(3): 173–289.

Demir, N., Savas, K.B., and Acar, J., 2007, The effect of processing method on the characterisitcs of carrot juice, Journal of Food Quality, 30:813–22.

Desorby, S.A., Netto, F.M., and Labuza, T.P., 1997, Comparision of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for β-carotene encapsulation and preservation, Journal of Food Science, 62, 1158–1162.

Dickinson, E., 2003, Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems, Food Hydrocolloids, 17, 25–39.

Dirim, S.N., Çalışkan, G., and Ergün K., 2015, Dondurularak Kurutulmuş Bazı Meyve Tozlarının Toz Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi, GIDA, 40 (2): 85-92.

Dokic-Baucal L., Dokic, P., and Jakovljevic, J., 2004, Influence of different maltodextrins on properties of O/W emulsions, Food Hydrocolloids, 18 (2) 233-239.

Domagała-Świątkiewicz, I., and Gąstoł M., 2012, Comparative Study on Mineral Content of Organic And Conventional Carrot, Celery and Red Beet Juices, Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 11(2), 173-183

Du, J., Zhen-Zhen, G., Xu, Z., Zou, B., Zhang, Y., and Li, C.M., 2014, Comparison of the Efficiency of Five Different Drying Carriers on the Spray Drying of Persimmon Pulp Powders, Drying Technology, 32: 1157-1166.

Dziezak, J.D., 1988, Microencapsulation and encapsulated ingredients. Food Technology, 42, 136-151.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ellis, T.S., 1988, Moisture-induced plasticization of amorphous polyamides and their blends, Journal of Applied Polymer Science, 36, 451-466.

Erge, H. S., Karadeniz, F., Koca, N., and Soyer, Y., 2008, Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas, GIDA, 33 (5): 225-233.

Ersus, S., and Yurdagel, U., 2007, Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier, Journal of Food Engineering, 80, 805-812.

Erbay Z., 2013, Püskürtmeli Kurutucuda Beyaz Peynir Tozu Üretim Optimizasyonu ve Peynir Suyu ile Maltodekstrin Kullanımının Ürün Kalitesi ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkisi, Doktora Tezi Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 204 sayfa.

Fang, Z., and Bhandari, B., 2012, Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice, Food Research International, 48, 478–483.

Fang, Z., and Bhandari, B., 2011, Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols, Food Chemistry, 129: 1139-1147.

Fang, Y., Selomulya, C., and Chen, X.D., 2008, On measurement of food powder reconstitution properties, Drying Technology, 26, 3–14.

Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., and Omid, M., 2012, Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder, Food and Bioproducts Processing, 90, 667-675.

Fellows, P.J., 2009, Food Processing Technology, 3. Basım, Woodhead Yayınları, 928 Sayfa.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Fernandes, L.P., Candido, R.C., and Oliveira, W.P., 2011, Spray drying microencapsulation of Lippia sidoides extracts in carbohydrate blends, Food and Bioproduct Processing, 90 (3): 425-432.

Ferna´ndez-Leo´n, M.F., Lozano, M., Ayuso, M.C., Ferna´ndez-Leo´n, A.M., and Gonza´ lez-Go´mez, D., 2010, Fast and accurate alternative UV-chemometric method for the determination of chlorophyll A and B in broccoli (*Brassica oleracea Italica*) and cabbage (*Brassica oleracea Sabauda*) plants, Journal of Food Composition and Analysis, 23: 809–813.

Finney, J., Buffo, B., and Reineccius, C.A., 2002, Effects of Type of Atomization and Processing Temperatures on the Physical Properties and Stability of Spray-Dried Flavors, Journal of Food Science, 67(3) 1108–1114.

Fitzpatrick, J.J., Barry, K., Cerqueira, P.S.M., Iqbal, T., O'Neill, J., and Roos, Y.H., 2007, Effect of composition and storage conditions on the flowability of dairy powders, International Dairy Journal, 17:383–392.

Franke, S.I.R., Chless, K., Silveria, J.D., and Robensam, G., 2004, Study of antioaksidant and mutajenic activity of different orange juice, Food Chemistry, 88: 45- 55.

Frascareli, E.C., Silva, V.M., Tonon, R.V., and Hubinger, M.D., 2012, Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying, Food Bioproducts Processing, 90, 413–424.

Gabas, A.L., Telis, V.R.N., Sobral, P.J.A. and Romero, J.T., 2007, Effect of Maltodexstrin and Arabic Gum in Water Vapor Sorption, Thermal Dynamic Properties of Vacuum Dried Pineapple Pulp Powder, Food Engineering, 82: 246-252.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Voilley, C.O., and Saurel, R., 2007, Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients An overview, Food Research International, 40, 1107-1121.

Giri, A., Armstrong, B., and Rajashekar C.B., 2016, Elevated carbon dioxide level suppresses nutritional quality of lettuce and spinach, American Journal of Plant Sciences, 7, 246-258.

Gogus, U., 2011, A fundamental guide for a healthy lifestyle and nutrition. First Ed. Pp: 60, Author House, Bloomington, India.

Gong, Z., Zhang, M., Mujumdar, A.S., and Sun, J., 2008, Spray drying and agglomeration of instant bayberry powder, Drying Techonology, 26:116-121.

Goula, A.M., and Adamopoulos K.G., 2008, Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery, Drying Techonology, 26: 714-725.

Goula, M.A., and Adamopoulos, K.G, 2005, Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp, LWT- Food Science and Technology, 38(5), 479–487.

Goula, M.A., Adamopoulos, K.G, and Kazakis, N.A., 2004, Influence of spray drying conditions on tomato powder properties, Drying Technology, 22, 1129-1151.

Gürlek, G., Akdemir, Ö., ve Güngör, A., 2015, Gıda Kurutulmasında Isı Pompalı Kurutucuların Kullanımı Ve Elma Kurutmada Uygulanması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, 21(9), 398-403.

Hidalgo, A., and Brandolini, A., 2008, Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. monococcum) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. aestivum) flours, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:11300–11305.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Hışıl, Y., 2004, Enstrümental Gıda Analizleri, Ege Üniversitesi Yayınları, 4. Baskı, 205 Sayfa.

Ho, L.P., Pham, A.H., and Le, V.V.M., 2015, Effects of core/wall ratio and inlet temperature on the retention of antioxidant compounds during the spray drying of sim (*Rhodomyrtus Tomentosa*) juice, Journal of Food Processing and Preservation, 39, 2088-2095.

Hojnik, M., Skerget, M., and Knez, Z., 2007, Isolation of chlorophylls from stinging nettle (*Urtica dioica* L.), Separation and Purification Technology, 57: 37–46.

Holick, C.N., Michaud, D.S., Stolzenberg-Solomon, R., Mayne, S.T., Pietinen, P., Taylor, P.R., Virtamo, J., and Albanesi, D., 2002, Dietary carotenoids, serum beta-carotene, and retinol and risk of lung cancer in the alpha-tocopherol, beta-carotene cohort study, American Journal of Epidemiology, 156(6):536–547.

Hong, J.H., and Choi, Y.H., 2007, Physico-chemical properties of protein-bound polysaccharide from Agaricus blazei Murill prepared by Ultrafiltration and spray drying process, International Journal of Food Science & Technology, 42, 1–8.

Howard, L.R., Pandjaıtan, N., Morelock, T., And Gıl, M.I., 2002, Capacity and Phenolic Content of Spinach As Affected by Genetics and Growing Season, Journal of Agriculturan and Food Chemistry, 50, 5891-5896.

Intipunya, P., and Bhandari, B.R., 2010, Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.

Iqbal, T., and Fitzpatrick, J.J., 2008, of storage conditions on the wall friction characteristics of three food powders, Journal of Food Engineering, 72:273–280.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Igual, M., Ramires, S., Mosquera, L.H., and Martínez-Navarrete, N., 2014, Optimization of spray drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp, Powder Technology, 256, 233-238.

Islam, M.N., Genuario, R.R., and Pappas-Sinois, M., 1987, Nutritional and sensory evaluation of *Atriplex triangularis* leaves, Food Chemistry, 25: 279–284.

Ismail, A., Marjan, Z.M., and Foong, C.W., 2004, Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables, Food Chemistry, 87, 581–586.

Jaya, S., and Das, H., 2005, Accelerated storage, shelf life and colour of mango powder, Journal of Food Processing and Preservation, 29, 45–62.

Jaya, S., and Das, H., 2009, Glass transition and sticky point temperatures and stability/mobility diagram of fruit powders, Food Bioprocess Technology, 2, 89–95.

Jayasundera, M., Adhikari, B., Aldred, P. and Ghandi, A., 2009, Surface modification of spray dried food and emulsion powders with surface-active proteins: a review, Journal of Food Engineering, 93, 266–277.

Jinapong, N., Suphantharika, M., and Jamnong, P., 2008, Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration, Journal of Food Engineering, 84, 194-205.

Jindarat, W., Rattanadecho, P., and Vongpradubchai, S., 2011, Analysis of energy consumption in microwave and convective drying process of multi-layered porous material inside a rectangular wave guide, Experimental Thermal and Fluid Science, 35, 728-737.

Jumah, R.Y., Tashtoush, B., Shalker, R.R., and Zraiy, A.F., 2000, Manufacturing parameters and Quality characterictis of spray dried jameed, Drying Technology, 18 (4-5), 967-984.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kanakdande, D., Bhosale, R., and Singhal, R.S., 2007, Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch, Carbohydrate Polymers, 67, 536–541.

Kansal, B.D., Singh, B., Bajaj, K.L., and Kaur, G., 1981, Effect of different levels of nitrogen and farmyard manure on yield and quality of spinach (*Spinacea oleracea* L.), Qual, Plant Foods for Human Nutrition, 31, 163–170.

Kara A., 2013, Model Sistem Et Emülsiyonlarında Zeytinyağı İçinde Su Emülsiyonun Ve Havuç Tozu Kullanımının Araştırılması, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109 sayfa.

Kawazu O.Y.M., Ishii, T., and Yui, S., 2003, Varietal and seasonal differences in oxalate content of spinach, Scientia Horticulturae, 97:(3-4) 203-210.

Kaur, A., Kaur, D., Oberoi, D.P.S., Gill, B.S., and Sogi D.S., 2008, Effect of dehydration on physıcochemical properties of mustard, mint and spinach, Journal of Food Processing and Preservation, 32,103–116.

Kenyon, M. M., 1995, Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation. In S. J. Risch & G. A. Reineccius (Eds.), Encapsulation and controlled release of food ingredients. CS symposium series (Vol. 590, pp. 42–50). Washington, DC: American Chemical Society.

Keshani, S., Daud, W.R.W., Nourouzi, M.M., Namvar, F., and Ghasemi, M., 2015, Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling, Journal of Food Engineering, 146:152-62.

Kingwatee, N., Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Worametrachanon, S., Techarung, J., and Pankasemsuk, T., 2015, Spray drying Lactobacillus casei 01 in lychee juice varied carrier materials, LWT- Food Science and Technology, 62, 847-853.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kha, T.C., Nguyen, M.H., and Roach, P.D., 2010, Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder, Journal of Food Engineering, 98, 385-392.

Khan, M.A., Mahesh, C., Semwal, A.D., and Sharma, G.K., 2015, Effect of spinach powder on physico-chemical, rheological, nutritional and sensory characteristics of chapati premixes, Journal of Food Science and Technology, 52(4), 2359–2365.

Koç, M., Koç, B., Susyal, G., Yılmazer, M.S., Ertekin, F.K., and Bağdatlıoğlu, N., 2011, Functional ve physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions, Journal of Food Science Technology, 48(2):141-149.

Koç, M., Koç, B., and Kaymak-Ertekin, F., 2011, Toz Gıdaların Fiziksel Karakterizasyon Özellikleri, Akademik Gıda, 9(4), 60-70.

Kong, K.W., Ismail, A., Tan, C.P., and Rajab, N.F., 2010, Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology, LWT- Food Science and Technology, 43, 729-735.

Krishnan, S., Kshirsagar, A.C., and Singhal, R.S., 2005, The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent, Carbohydrate Polymers, 62, 309–315.

Krokida, M.K., and Philippopoulos, C., 2005, Rehydration of dehydrated foods, Drying Technology, 23, 799–830.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kuck, L.S., and Noreña, C.P.Z., 2016, Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca var. Bordo*) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents, Food Chemistry, 194:569–576.

Lantigua, M.B., Molina, I.E., Reineccius, G.A., Hernandez, O.L., and Pino, J.A., 2011, Influence of Spray-Dryer Air Temperatures on Encapsulated Mandarin Oil, Drying Techonology, 29:520-526.

Laokuldilok, T., and Nattapong Kanha, N., 2015, Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying, LWT- Food Science and Technology, 64, 405-411.

Lebrun, P., Krier, F., Mantanus, J., Grohganz, H., Yang, M., Rozet, E., Boulanger, B., Evrard, B., Rantanen, J., and Hubert P., 2012, Design space approach in the optimization of the spray-drying process, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 80, 226–234

Lee, H. S., and Castle, W.S., 2001, Seasonal chanages of carotenoid pigments and color in hamlin, earlygold and bundd blood orange juices, Journal of Agricultural Food Chemistry, 49: 877-882.

Legako, J., and Dunford. N.T., 2010, Effect of spray nozzle design on fish oil–whey protein microcapsule properties, Journal of Food Science, 75, 394-400.

Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., Kammerer, D., Carle, R., and Baranski, R., 2013, The Content of Phenolic Compounds and Radical Scavenging Activity Varies with Carrot Origin and Root Color, Plants for Human Nutrition, 68:163–170

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Lim, A.S.L., Griffin, C., and Roos, Y.H., 2014, Stability and loss kinetics of lutein and β-carotene encapsulated in freeze-dried emulsions with layered interface and trehalose as glass former, Food Research International, 62, 403–409.

Lin, T.M., Durance, T.D., and Scaman, C.H., 1998, Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices, Food Research International, 31, 111-117.

Mahendran, T., 2010, Physico-chemical properties and sensory characteristics of dehydrated guava concentrate: effect of drying method and maltodextrin concentration, Tropical Agricultural Research and Extension, 13 (2) 48-54.

Manay, N.S., and Shadaksharaswamy, M., 2005, Foods: Facts and Principles, İkinci Baskı, New Age International Limited Yayınları, Yeni Delhi, Hindistan Sayfa:93.

Martinelli, L., Gabas, A.L., and Romero, J.T., 2007, Thermodynamic and quality properties of lemon juice powder as affected by maltodextrin and arabic gum, Drying Technology, 25, 2035–2045.

Marques, L.G., Ferreira, M.C., and Freire, J.T., 2007, Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.), Chemical Engineering Processing, 46, 451–457.

Masters., K, 1985, Spray Drying Handbook; Longman: London, Chapter 3.

Matalanis, A., Griffith, J.O., and McClements, D.J., 2011, Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds, Food Hydrocolloids, 25: 1865-1880.

Matveev, Y.I., Grinberb, V.Y., Sochava, I.V., and Tolstoguzov, V.B., 1997, Glass transition temperature of proteins. Calculation based on the additive contribution method and experimental data, Food Hydrocolloids, 11, 125–133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Meilgaard, M., Civille, G.V., and Carr, T., 1999, Factors influencing sensory verdicts, Basic statístícal methods. Ui Sensory Evaluation Techniques. pp. 37-39, 265-324, CRC Press: New York.

Mestry, A.P., Mujumdar, A.S., and Thorat, B.N., 2011, Optimization of Spray Drying of an Innovative Functional Food: Fermented Mixed Juice of Carrot and Watermelon, Drying Technology, 29: 1121–1131.

Moldovan, B., Popa, A., and David, I., 2016, Effects of storage temperature on the total phenolic content of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) fruits extracts, Journal of Applied Botany and Food Quality, 89, 208 - 211.

Moore, G.R.P., Luciana Rodrigues do Canto, L.R., and Amante, E.R., 2005, Cassava and Corn Starch in Maltodextrin Production, Química Nova, 28:(4) 596-600.

Murali, S., Kar, A., Mohapatra, D., and Kalia, P., 2015, Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying, Food Science and Technology International, 21, 604-612.

Murugesan, R., and Orsat, V., 2012, Spray drying for the production of nutraceutical ingredients- A review, Food and Bioprocess Technology, 5(1): 3-14.

Muzaffar, K., and Kumar, P., 2015, Parameter optimization for spray drying of tamarind pulp using response surface methodology, Powder Technology, 279, 179-184.

Muzaffar, K., Nayik, G.A., and Kumar, P., 2015, Stickiness problem associated with spray drying of sugar ve acid rich foods: A mini review, Journal of Nutrition and Food Sciences, 1-3.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Naidu, M.M., Khanum, H., Sulochanamma, G., Sowbhagya, H.B., Hebbar, U. H., Prakash, M., and Srinivas, P., 2012, Effect of Drying Methods on the Quality Characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) Greens, Drying Technology, 30: 808–816.

Ng, L.Z., Chong, P.H., Yusof, Y.A., Chin, N.L., Talib, R.A., Taip, T.S., and Aziz, M.G., 2012, Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colourant, Food Science and Biotechnology, 2: 582-675.

Nurhadi, B., Andoyo, R., Mahani and Indiarto, R., 2012, Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method, International Food Research Journal, 19(3): 907-912.

Oviasogie ,O.P., Okoro, D., Ndiokwere, C.L., 2009, Determination of total phenolic amount of some edible fruits and vegetables. African Journal of Biotechnology 8:2819–2820.

Ozkan, I.A., Akbudak, B., and Akbudak, N., 2007, Microwave drying characteristics of spinach, Journal of Food Engineering 78, 577–583.

Ozdikicierler, O., Dirim, S.N., and Pazir, F., 2014, The effects of spray drying process parameters on the characteristic process indices and rheological powder properties of microencapsulated plant (*Gypsophila*) extract powder, Powder Technology, 253, 474–480.

Ötleş, S., and Atlı, Y., 1997, Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(1): 249-254.

Özdikicierler, O., 2010, Çöven Ekstraktı Tozu Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Papadakis, S.E., Gardeli, C., and Tzia, C., 2006, Spray drying of raisin juice concentrate, Drying Technology, 24, 173-180.

Pałacha, Z., and Sitkiewicz, I., 2008, Glass transition temperature parameter for food stability, Przemysł Spożywczy, 62, 32–37.

Pandey, D., Rajput, A., and Kulshrestha, K., 2003, Carotene Rich Food Suplement Based on Carrot Powder, Journal of dairying, foods & home sciences, 22 (3&4): 239-241.

Patil, V., Chauhan, A.K., and Singh, R.P., 2014, Optimization of the spray drying process for developing guava powder using response surface methodology, Powder Technology, 253, 230-236.

Peng, Z., Li, J., Guan, Y., and Zhao, G., 2013, Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours, LWT- Food Science and Technology, 51, 348-355.

Phisut, N., 2012, Spray drying technique of fruit juice powder: Some factors influencing the properties of product, International Food Research Journal, 19, 1297-1306.

Phoungchandang, S., and Sertwasana, A., 2010, Spray drying of ginger juice and physicochemical properties of ginger powders, ScienceAsia, 36, 40-45.

Polydera, A.C., Stoforos, N.G., and Taoukis, P.S., 2005, Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6, 1–9.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Potes, N., Lim, A.S.L., and Roos, Y.H., 2017, Chemical Stability: Browning and Oxidation, Engineering Foods for Bioactives Stability and Delivery, Part of the series Food Engineering Series pp 361-400.

Prakash, S., Jha, S.K., and Datta, N., 2004, Performance evaluation of blanched carrots dried by three different dries, Joumal of Food Engineering, 62: 305-313.

Quek, S.Y., Chok, N.K., and Swedlund, P., 2007, The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder, Chemical Engineering and Processing, 46: 386-392.

Qiu, D., Chen, Z.H., and Li, H.R., 2009, Effect of heating on solid β-carotene, Food Chemistry, 112:344–349.

Ramoneda, X.A., Ponce-Cevallos, P.A., Buera, M.D.P., and Elizalde, B.E., 2011, Degradation of b-carotene in amorphous polymer matrices. Effect of water sorption properties and physical state, Journal of the Science of Food and Agriculture 91, 2587-2625.

Rayman, A., and Baysal, T., 2011, Yield and quality effects of electroplasmolysis and microwave applications on carrot juice production and storage, Journal of Food Science, 76 (4):598-605.

Reineccius, G. A., 1998, Spray-drying of food flavors. Flavor encapsulation, *ACS Symposium Series*, Vol. 370, chapter 7, pp 55-66.

Rodríguez-Hernández, G.R., González-García, R., Grajales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A., and Abud-Archila, M., 2005, Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product, Drying Technology, 23, 955-973.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Rodriguez-Sevilla, M.D., Villanueva-SuaÂ rez, M.J., and Redondo-Cuenca, A., 1999, Effects of processing conditions on soluble sugars content of carrot, beetroot and turnip, Food Chemistry, 66, 81-85.

Roos, Y., and Karel, M., 1991, Phase transition of mixture of amorphous polysaccharides and sugars, Biotechnology Progress, 7, 49-53.

Saldamlı, İ., 2014, Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları 4. Baskı, 683 sayfa.

Samborska, K., Gajek, P., and Kamińska-Dwórznicka, A., 2015, Spray Drying of Honey: The Effect of Drying Agents on Powder Properties, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 65 (2)109–118.

Sahini, F., and Han, X.Q., 1993, Encapsulation of food ingredients,Critical review in food science nutrition, 33(6),501-547.

Schubert, H., 1993, Instantization of powdered food products, International Chemical Engineering, 33, 28–45.

Schuck, P., 2011, Milk Powder: Physical and Functional Properties of Milk Powders, 2: 117-124, Encyclopedia of Dairy Sciences,J.W.Fuquay, P.F.Fox and P.L.H.McSweeney (Eds.), 2nd Edition, ElsevierAcademic Press, London, UK.

Schutyser, M.A.I., Perdana, J., and Boom, R.M., 2012, Single droplet drying for optimal spray drying of enzymes and probiotics, Trends in Food Science and Technology, 27, 73-82.

Shankaralinkgam P., 2004, Development and Evaluation of Carrot Powder as a Food Ingredient, Teksas University, Restaurant, Hotel, And Institutional Management, Master of Science, pp 84.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Shimada, Y., Roos, Y., and Karel, M., 1991, Oxidation of methyl linoleate encapsulated in amorphous lactose-based food model, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39 (4), 637-641.

Shishir, M.R.I., and Chen, W., 2017, Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices, Trends in Food Science & Technology, 65, 49-67.

Shrestha, A.K., Uaarak, T., Adhikari, B.R., Howes, T., and Bhandari, B.R., 2007, Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) ve thermal mechanical compression test (TMCT), International Journal of Food Properties, 10: 661-673.

Simonich, M.T., McQuistan, T., Jubert, C., Pereira, C., Hendricks, J.D., Schimerlik, M., Zhu, B., Dashwood, R.H., Williams, D.E., and Bailey, G.S., 2008, Low-dose dietary chlorophyll inhibits multiorgan carcinogenesis in the rainbow trout, Food and Chemical Toxicology, 46:1014–1024.

Sinchaipanit, P., Ahmad, M., and Twichatwitayakul, R., 2015, Kinetics of ascorbic acid degradation and quality changes in guava juice during refrigerated storage, Journal of Food and Nutrition Research, 3(8): 550-557.

Singh, G., Kawatra, A., and Sehgal, S., 2001, Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots, Plant Food For Human Nutrition, 56:359–364.

Suojala, T., 2000, Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage, Scientia Horticulturae, 85, 1-19.

Sun, Y., Wang, Z., Wu, J., Chen, F., Liao, X., and Hu, X., 2006, Optimising enzymatic maceration in pretreatment of carrot juice concentrate by response surface methodology, International Journal of Food Science Technology, 41:1082–9.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Şahin-Nadeem, H., Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., and Özdemir, F., 2013, Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa Miller*) by spray drying, LWT- Food Science and Technology, 52, 31-38.

Şumnu, G., Turabi, E., and Öztop, M., 2005, Drying of carrots in microwave and halogen lamp –microwave combination ovens, LWT-Food Science and Technology, 38, 549–553.

Tang, G., 2010, Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables (Spinach and Carrots: Vitamin A and Health) First Edition.

Tanghom, S., 2008, Formulations of Carrot Powder for Tablets, Powder Beverage and Instant Gelatin Dessert, Mahidol University, Food And Nutrition For Development, The Degree of Master Science, pp 88.

Tewa-Tagne, P., Briançon, S., and Fessi, H., 2007, Preparation of redispersible dry nanocapsules by means of spray drying: development and characterisation, European Journal of Pharmaceutical Sciences, 30, 124-135.

Tolun, A., Altintas, Z., and Artik, N., 2016, Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum Arabic as two alternative coating materials: Development and characterization, Journal of Biotechnology, 239, 23-33.

Tonon, R.V., Brabet, C., and Hubinger, M.D., 2008, Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae Mart.)* powder produced by spray drying, Journal of Food Engineering, 88, 411–418.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tonon, R.V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., and Hubinger, M.D., 2009, Physicochemical and morphological characterization of açai (*Euterpe oleraceae Mart.*) powder produced with different carrier agents, International Journal of Food Science and Technology, 44, 1950–1958.

Tontul, I., and Topuz, A., 2017, Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties, Trends in Food Science & Technology, 63, 91-102.

Truong, V., Bhandari, B.R., and Howes, T., 2005, Moisture ve glass optimization of co-current spray drying process of sugar rich foods: transition temperature profile during drying, Journal Food Engineering, 71: 55-65.

Turchiuli, C., Gianfrancesco, A., Palzer, S., and Dumoulin, E., 2011, Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control, Powder Technology, 208, 433-440.

TÜİK, 2017, https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul, Erişim Tarihi: 20.08.2017, Saat: 18:58.

Tze, N.L., Han, C.P., Yusof, Y.A., Ling, C.N., Talib, R.A., Taip, F. S., 2012, Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant, Food Science and Biotechnology, 21, 675-682.

Van Boekel, M.A.J S., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., and Lalljie, S., 2010, A review on the beneficial aspects of food processing, Molecular Nutritrion and Food Research, 54, 1215-1247.

Vega, C., and Roos, Y.H., 2006, Spray-Dried Dairy and Dairy-Like Emulsions - Composistional Considerations, Journal of Dairy Science, 89: 383-401.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Vu, T.O., Galet, L., Fages, J., and Oulahna, D., 2003, Improving the dispersion kinetics of a cocoa powder by size enlargement, Powder Technology, 130,400–406.

Wagner, L.A. and Warthesen, J.J., 1995, Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes, Journal of Food Science, 60,1048–1053.

Walters, R.H., Bhatnagar, B., Tchessalov, S., Izutsu, K. I., Tsumoto, K., and Ohtake, S., 2014, Next-generation drying technologies for pharmaceutical applications, Journal of Pharmaceutical Sciences, 103, 2673-2695.

Walton, D.E, 2000, The morphology of spray dried particles a qualitative view, Drying technology, 18: (9) 1943-1986.

Wiliam, P.A., and Philips, G.O., 2000, Gum Arabic. In Philips, G.O. and Williams, P.H. (eds.). Handbook of Hydrocolloids. p.155-168. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited.

Woo, M., Daud, W.R.W., Tasirin, S.M., and Talib, M.Z.M., 2009, Controlling food powder deposition in spray dryers: wall surface energy manipulation as an alternative, Journal of Food Engineering, 94: (2), 192–198.

Yavuz, F., 2005, Türkiye'de Tarım, Tarım ve Köyişleri bakanlığı, Aralık-2005, 243 sayfa.

Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., and Mousavi, S.M., 2011, Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.), Journal of Food Science and Technology, 48, 677-684.

ÖZGEÇMİŞ

Gülşah ÇALIŞKAN KOÇ, 1986 yılında İzmir'de doğmuş, ilk ve orta öğretimini İzmir'de tamamlamıştır. 2004 yılında Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünü kazanmış; 2008 yılında bölüm üçüncüsü olarak mezun olmuştur. Aynı zamanda 2012 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme bölümünden mezun olmuştur. Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde 2009 yılında lisansüstü eğitimine başlamış ve 2010 yılında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında Bayburt Üniversitesine araştırma görevlisi olarak atanmıştır. 2011 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümüne ÖYP araştırma görevlisi olarak atanmıştır. Yüksek lisans eğitimini '*Sumak Ekstraktı Tozu Eldesi*' konulu teziyle 2012 yılında tamamlayarak, yine aynı yıl Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine başlamıştır. Doktora sürecinde Erasmus Programı kapsamında İrlanda'da University College Cork' ta 3 ay süre ile bir projede çalışmıştır. Doktora tez konusu TÜBİTAK tarafından belirlenen öncelikli alanlar arasında olup bu konuda 'TÜBİTAK Öncelikli Alanlar Bursu TUBITAK-BIDEB 2211-C' kazanmıştır. 2016 yılında evlenmiştir.

Doktora Tezi Kapsamında Yapılmış çalışmalar

A. SSCI (Social Science Citation Index) Tarafından Taranan Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Caliskan Koc, G., Dirim, S.N., 2017, Spray Drying of Spinach Juice: Characterization, Chemical Composition and Storage, Journal of Food Science, 82 (12): 2873- 2884.

B. Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Sözlü Bildiriler

Çalişkan Koç, G, Dirim S.N., 2017, The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the physical and powder properties of carrot juice powders, 3rd International Conference on Food and Biosystems Engineering (FABE), Haziran 1-4, Rodos, Yunanistan.

Çalişkan Koç, G, Dirim, S.N., 2017, Influence of the Different Drying Agents on the Production of Spinach Powder by Spray Drying. Innovations in Food Science, & Technology IFST 2017, Mayıs, 10-12, Munih, Almanya.

C. Ödüller

Öncelikli Alanlar Bursu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştirma Kurumu (TUBITAK-BIDEB 2211-C).

EKLER

EK-1- Ispanak suyu için (3.2°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-2- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-3- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-4- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-5- Peynir Altı Suyu Tozu içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-6- Peynir Altı Suyu Tozu içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-7- Peynir Altı Suyu Tozu içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-8- Gam Arabik içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-9- Gam Arabik içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-10- Gam Arabik içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi

EK-11- C vitamini analizi için kalibrasyon eğrisi

EK-12- Toplam fenolik madde analizi için kalibrasyon eğrisi

EK-13- Toz Ürün Verimliliği ve Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği için ANOVA sonuçları

EK-14- Ispanak Suyu Tozlarının nem içeriği için ANOVA sonuçları

EK-15- Ispanak Suyu Tozlarının su aktivitesi değeri için ANOVA sonuçları

EK-16- Ispanak Suyu Tozlarının renk değeri (L*,a* ve b*) için ANOVA sonuçları

EK-17- Ispanak Suyu Tozlarının pH değeri için ANOVA sonuçları

EK-18- Ispanak Suyu Tozlarının C Vitamini İçeriği için ANOVA sonuçları

EK-19- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği için ANOVA sonuçları

EK-20- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Klorofil Miktarı için ANOVA sonuçları

EK-21- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı için ANOVA sonuçları

EK-22- Ispanak Suyu Tozlarının mineral madde içeriği için ANOVA sonuçları

EK-23- Ispanak Suyu Tozlarının Toz Ürün Özellikleri için ANOVA sonuçları

EK-24- Ispanak Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

EK-25- Ispanak Suyu Tozları Depolama C vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

EK-26- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid Miktarı için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

EK-27- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Klorofil İçeriği için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

EK-28- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

EK-29- Ispanak Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçları İçin SPSS Sonuçları

EK-30-Havuç Suyu Tozları için Toz Ürün Verimliliği ve Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği için ANOVA sonuçları

EK-31-Havuç Suyu Tozlarının fiziksel özellikleri için ANOVA sonuçları

EK-32- Havuç Sularının Renk Değerleri için ANOVA sonuçları

EK-33- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

EK-34- Peynir altı suyu tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

EK-35- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

EK-36-Havuç Suyu Tozlarının kimyasal özellikleri için ANOVA sonuçları

EK-37-Havuç Suyu Tozlarının mineral madde içeriği için ANOVA sonuçları

EK-38- Havuç Suyu Tozlarının toz ürün özellikleri (ıslanabilirlik ve çözünürlük süreleri ve dağılabilirlik değeri) için ANOVA sonuçları

EK-39-Havuç Suyu Tozlarının toz ürün özellikleri (yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik ve yapışkanlık değeri) için ANOVA sonuçları

EK-40- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

EK-41- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

EK-42- .Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

EK-43- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-44- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-45- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-46- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-47- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-48- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları için Aktivasyon Enerjisi

EK-49- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

EK-50- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

EK-51- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

EK-52- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

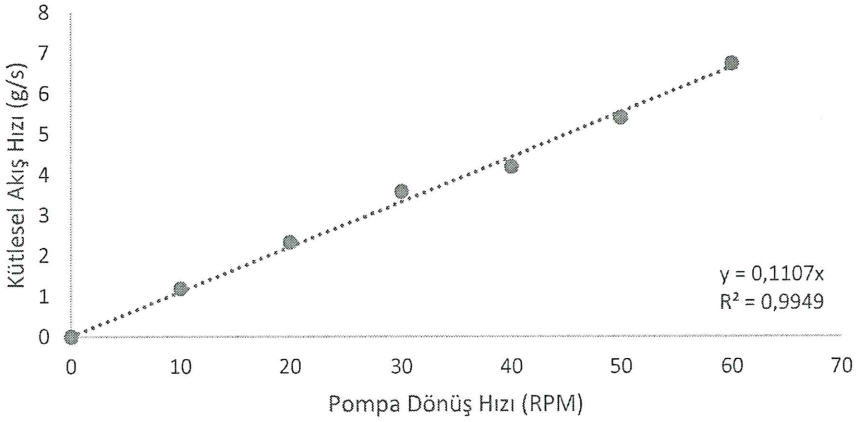
EK-53- Toplam fenolik madde miktarı için Aktivasyon Enerjisi

EK-54- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

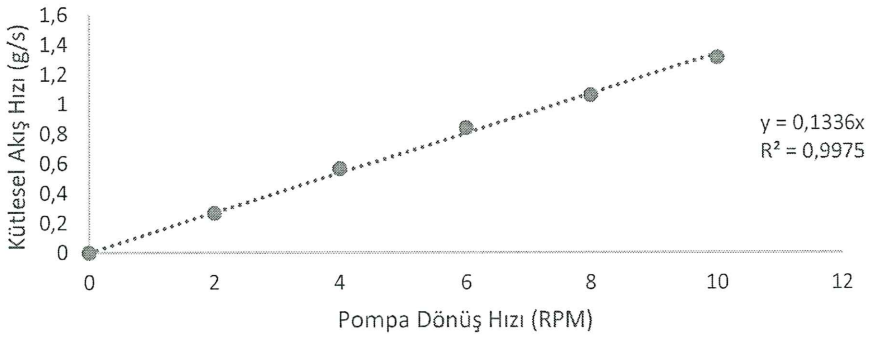
EK-55- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

EK-56- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

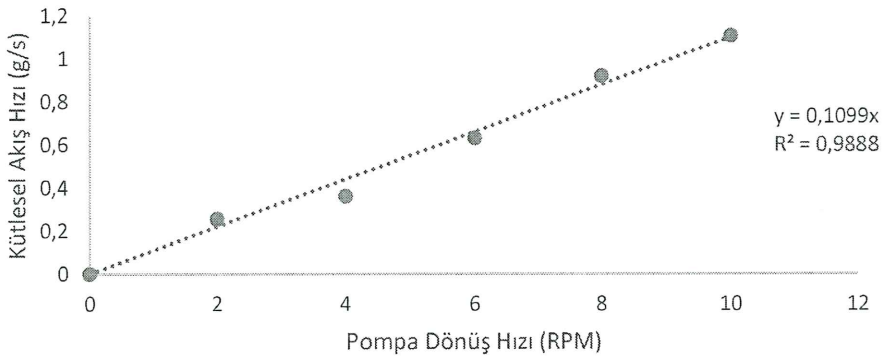
EK-1- Ispanak suyu için (3.2°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



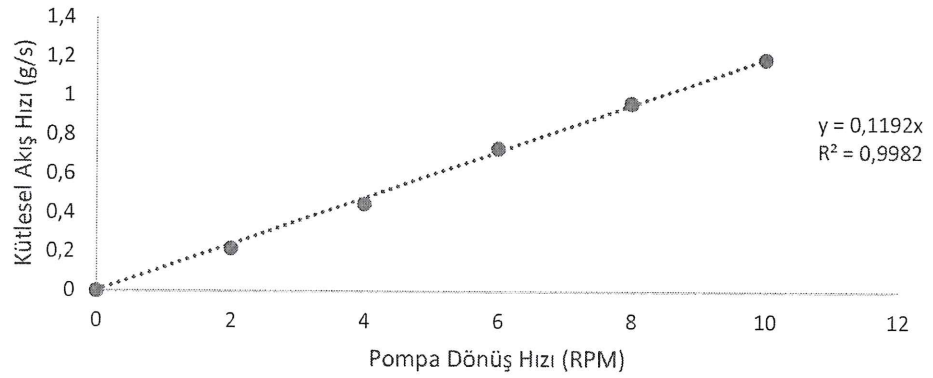
EK-2- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



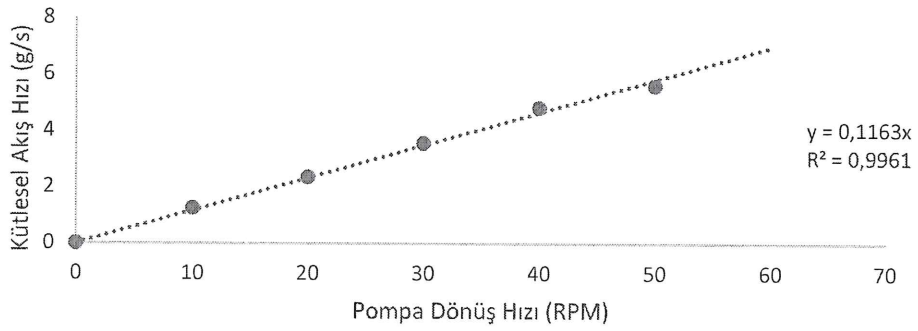
EK-3- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



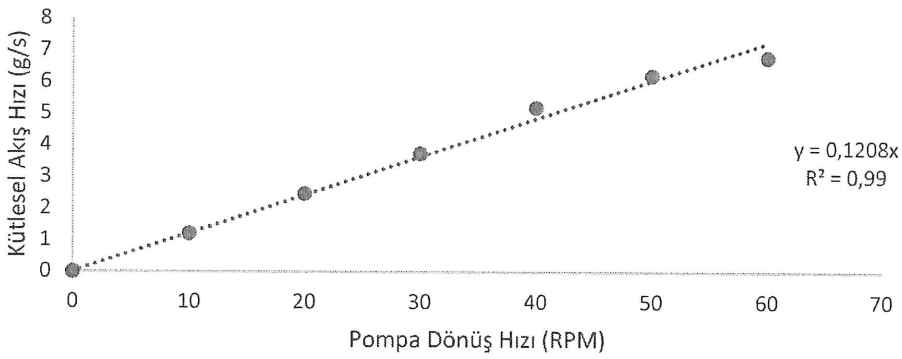
EK-4- Maltodekstrin içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



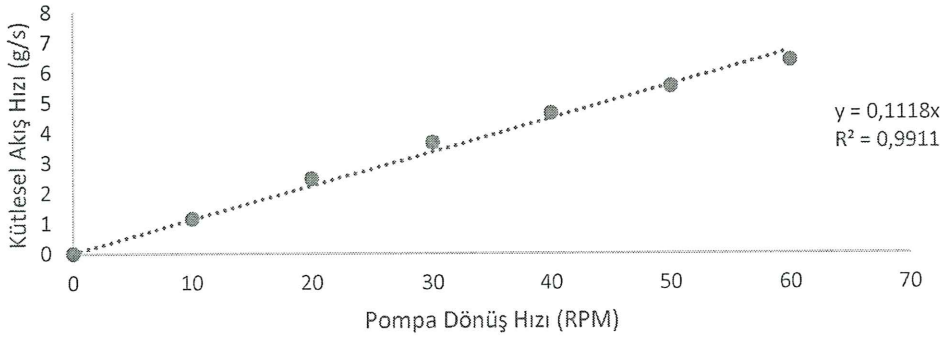
EK-5- Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



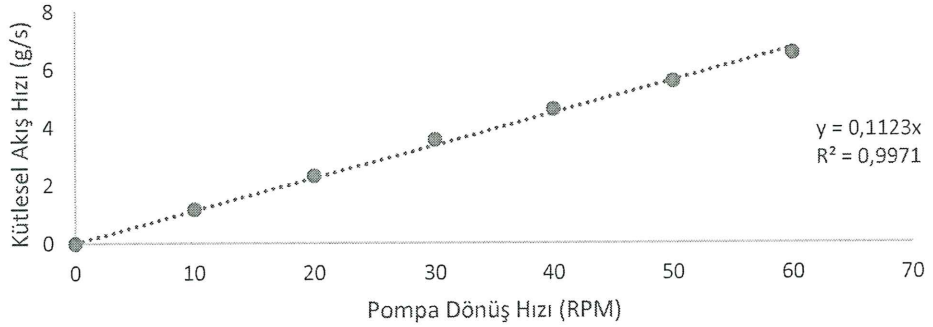
EK-6- Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



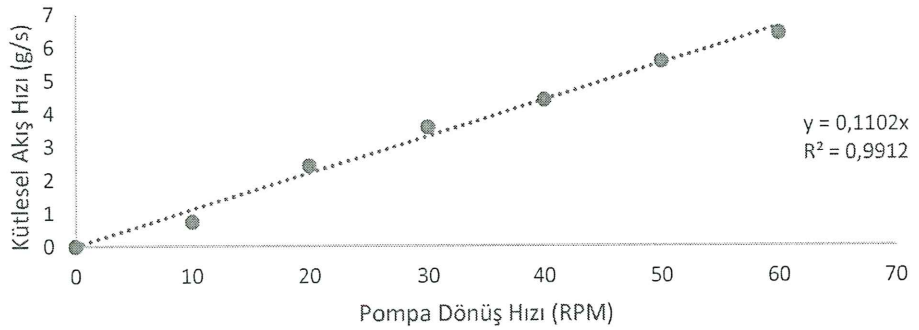
EK-7- Peynir altı suyu tozu içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



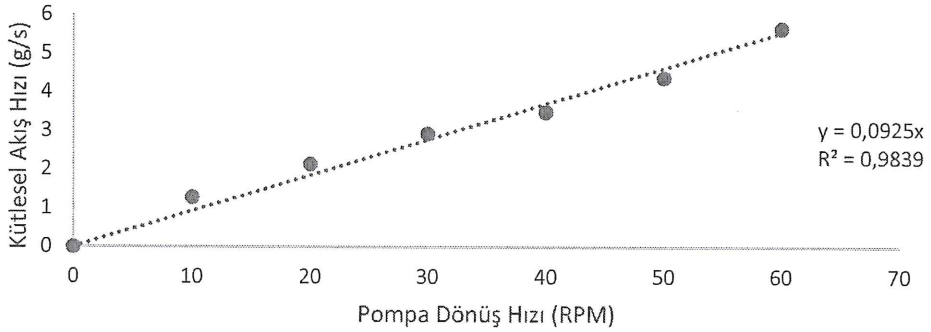
EK-8- Gam Arabik içeren havuç suyu için (12°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



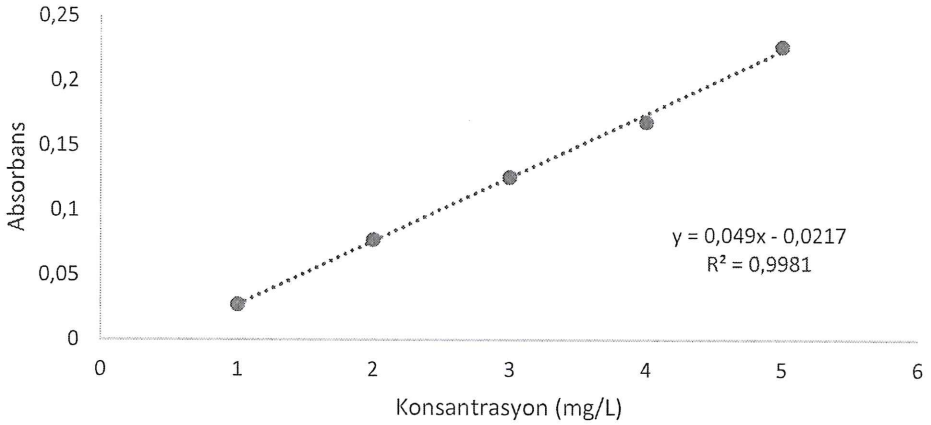
EK-9- Gam Arabik içeren havuç suyu için (16°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



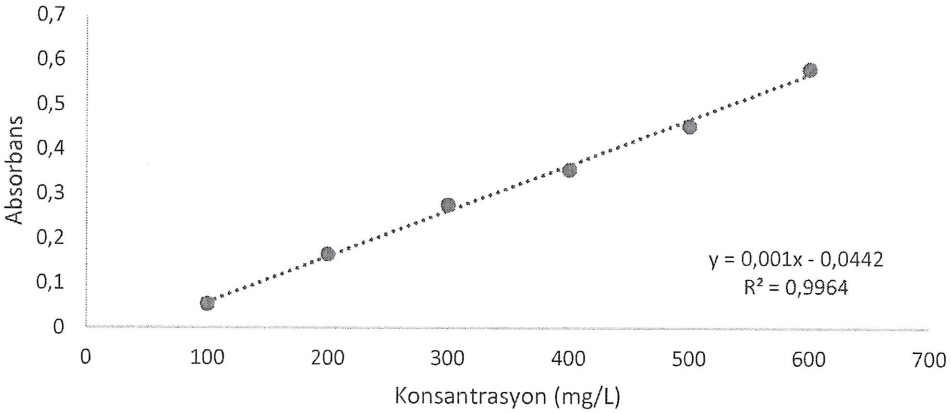
EK-10- Gam Arabik içeren havuç suyu için (20°Briks) pompa dönüş hızı ve kütlesel akış hızı ilişkisi



EK-11- C vitamini analizi için kalibrasyon eğrisi



EK-12- Toplam fenolik madde analizi için kalibrasyon eğrisi



EK-13- Toz Ürün Verimliliği ve Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Toz Ürün Verimi	Gruplar Arasında	87.666	2	43.833	1.397	.309
	Gruplar İçinde	219.637	7	31.377		
	Toplam	307.303	9			
SMER	Gruplar Arasında	.066	2	.033	5.763	.033
	Gruplar İçinde	.040	7	.006		
	Toplam	.107	9			
MER	Gruplar Arasında	.763	2	.382	18.657	.002
	Gruplar İçinde	.143	7	.020		
	Toplam	.907	9			
SEC	Gruplar Arasında	66.931	2	33.466	4.053	.038
	Gruplar İçinde	57.802	7	8.257		
	Toplam	124.733	9			

EK-14- Ispanak Suyu Tozlarının nem içeriği için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	17.598	2	8.799	7.380	.019
Gruplar İçinde	8.346	7	1.192		
Toplam	25.945	9			

EK-15- Ispanak Suyu Tozlarının su aktivitesi değeri için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	.010	2	.005	17.683	.002
Gruplar İçinde	.002	7	.000		
Toplam	.012	9			

EK-16- Ispanak Suyu Tozlarının renk değeri (L*,a* ve b*) için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
L*	Gruplar Arasında	198.389	8	24.799	11.794	.000
	Gruplar İçinde	145.077	69	2.103		
	Toplam	343.467	77			
a*	Gruplar Arasında	45.274	8	5.659	14.808	.000
	Gruplar İçinde	26.370	69	.382		
	Toplam	71.644	77			
b*	Gruplar Arasında	165.843	8	20.730	12.587	.000
	Gruplar İçinde	113.637	69	1.647		
	Toplam	279.479	77			

EK-17- Ispanak Suyu Tozlarının pH değeri için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	.027	2	.013	21.873	.001
Gruplar İçinde	.004	7	.001		
Toplam	.031	9			

EK-18- Ispanak Suyu Tozlarının C Vitamini İçeriği için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	62497.411	8	7812.176	22.871	.000
Gruplar İçinde	6148.233	18	341.569		
Toplam	68645.644	26			

EK-19- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Karotenoid İçeriği için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	590.481	8	73.810	43.331	.000
Gruplar İçinde	56.213	33	1.703		
Toplam	646.693	41			

EK-20- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Klorofil Miktarı için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	273592.713	8	34199.089	19.881	.000
Gruplar İçinde	46444.335	27	1720.161		
Toplam	320037.049	35			

EK-21- Ispanak Suyu Tozlarının Toplam Fenolik Madde Miktarı için ANOVA sonuçları

ANOVA

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Gruplar Arasında	25609.548	8	3201.193	776.238	.000
Gruplar İçinde	74.232	18	4.124		
Toplam	25683.779	26			

EK-22- Ispanak Suyu Tozlarının mineral madde içeriği için ANOVA sonuçları

Anova

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Sodyum	Gruplar Arasında	10336,848	3	3445,616	311,505	,000
	Gruplar İçinde	44,245	4	11,061		
	Toplam	10381,093	7			
Potasyum	Gruplar Arasında	36457,285	3	12152,428	22,498	,006
	Gruplar İçinde	2160,592	4	540,148		
	Toplam	38617,877	7			
Magnezyum	Gruplar Arasında	19574,755	3	6524,918	311,877	,000
	Gruplar İçinde	83,686	4	20,921		
	Toplam	19658,441	7			
Kalsiyum	Gruplar Arasında	351,337	3	117,112	270,661	,000
	Gruplar İçinde	1,731	4	,433		
	Toplam	353,067	7			
Çinko	Gruplar Arasında	,044	3	,015	110,444	,000
	Gruplar İçinde	,001	4	,000		
	Toplam	,045	7			
Mangan	Gruplar Arasında	,402	3	,134	1608,244	,000
	Gruplar İçinde	,000	4	,000		
	Toplam	,402	7			
Demir	Gruplar Arasında	6,533	3	2,178	166,930	,000
	Gruplar İçinde	,052	4	,013		
	Toplam	6,585	7			

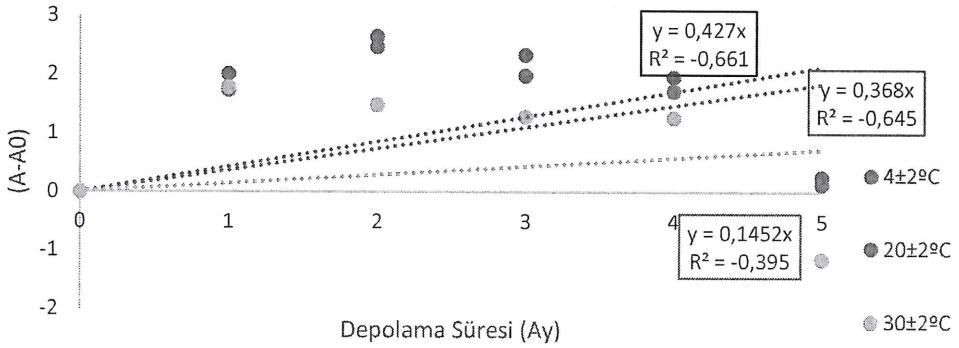
EK-23- Ispanak Suyu Tozlarının Toz Ürün Özellikleri için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Islanabilirlik Süresi	Gruplar Arasında	112982.778	8	14122.847	16.914	.000
	Gruplar İçinde	7515.000	9	835.000		
	Toplam	120497.778	17			
Çözünürlük Süresi	Gruplar Arasında	107498.000	8	13437.250	124.355	.000
	Gruplar İçinde	972.500	9	108.056		
	Toplam	108470.500	17			
Dağılabilirlik	Gruplar Arasında	.078	8	.010	12.610	.000
	Gruplar İçinde	.007	9	.001		
	Toplam	.085	17			
Yığın Yoğunluğu	Gruplar Arasında	4296.355	8	537.044	1.387	.317
	Gruplar İçinde	3484.742	9	387.194		
	Toplam	7781.097	17			
Sıkıştırılmış Yoğunluk	Gruplar Arasında	13912.572	8	1739.071	2.664	.083
	Gruplar İçinde	5874.489	9	652.721		
	Toplam	19787.061	17			
Hausner Oranı	Gruplar Arasında	.068	8	.008	1.570	.257
	Gruplar İçinde	.049	9	.005		
	Toplam	.116	17			
Carr İndeks	Gruplar Arasında	213.006	8	26.626	1.923	.175
	Gruplar İçinde	124.640	9	13.849		
	Toplam	337.646	17			

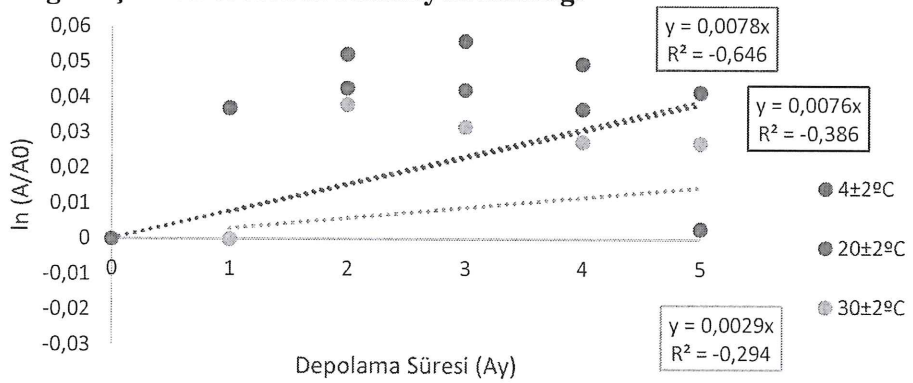
EK-24- Ispanak Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

L* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



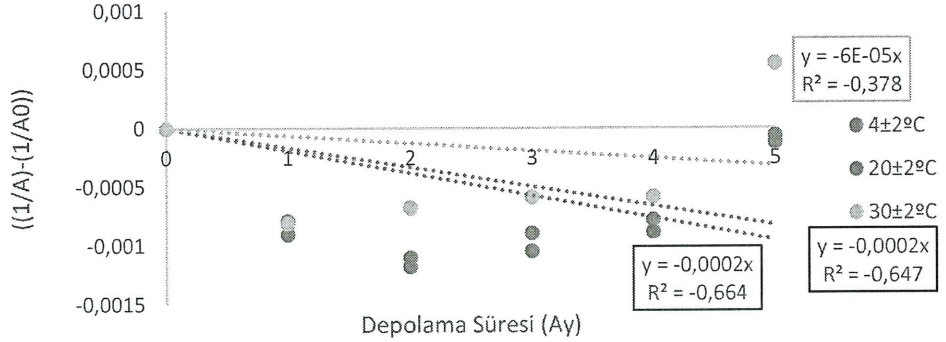
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.368	-0.645
20±2	0.427	-0.661
30±2	0.1452	-0.395

L* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



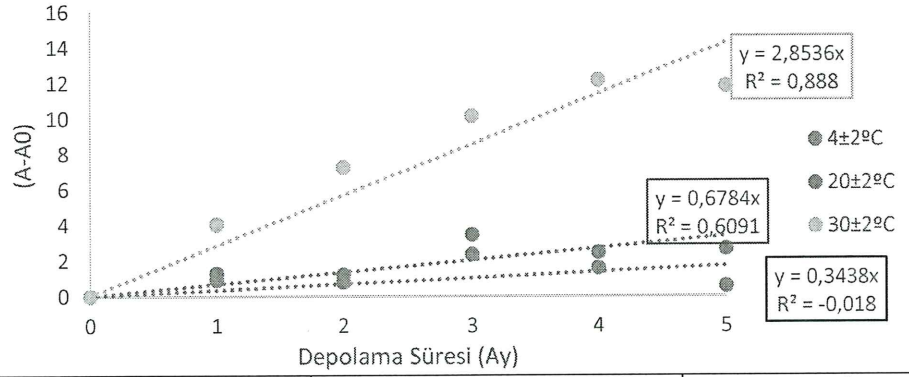
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0078	-0.646
20±2	0.0076	-0.386
30±2	0.0029	-0.294

L* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



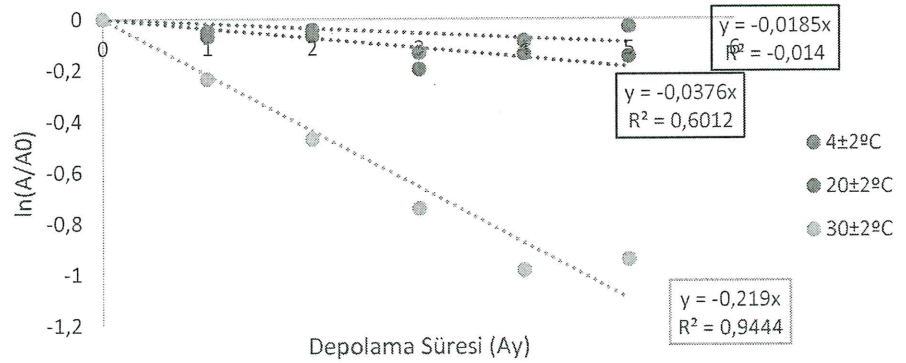
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0002	-0.647
20±2	0.0002	-0.664
30±2	6E-05	-0.378

a* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



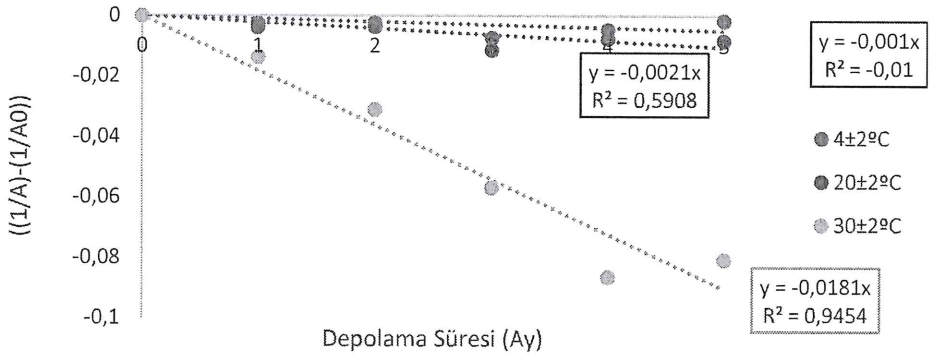
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.3438	-0.018
20±2	0.6784	0.6091
30±2	2.8536	0.888

a* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



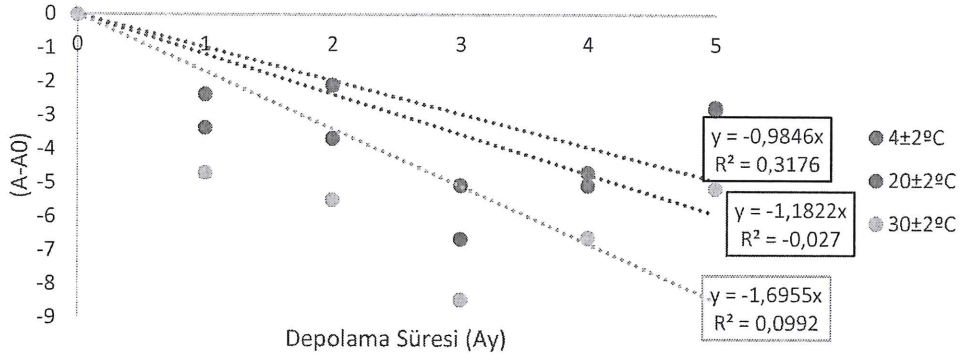
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0185	-0.014
20±2	0.0376	0.6012
30±2	0.219	0.9444

a* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



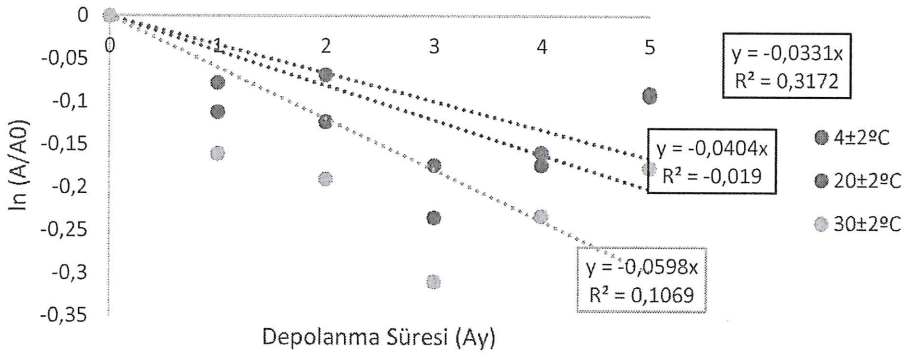
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.001	-0.01
20±2	0.0021	0.5908
30±2	0.0181	0.9454

b* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



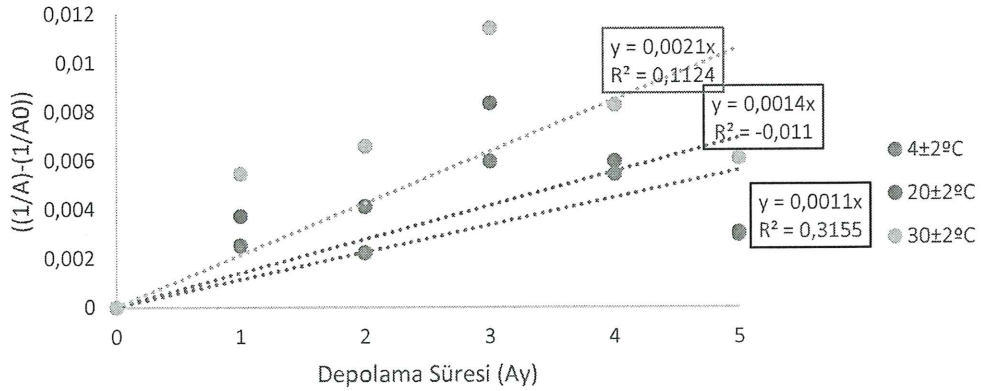
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.9846	0.3176
20±2	1.1822	-0.027
30±2	1.6955	0.0992

b* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0331	0.3172
20±2	0.0404	-0.019
30±2	0.0598	0.1069

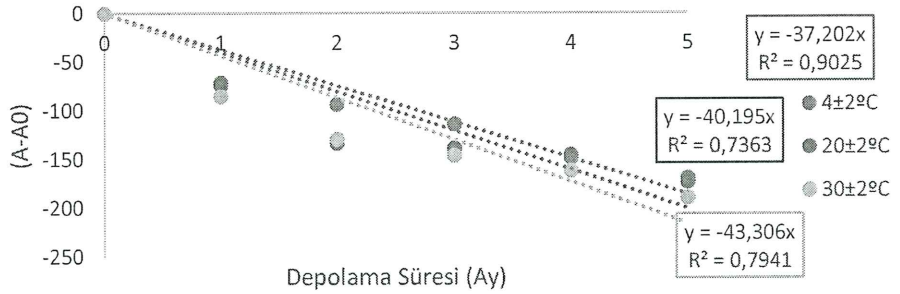
b* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0011	0.3155
20±2	0.0014	-0.011
30±2	0.0021	0.1124

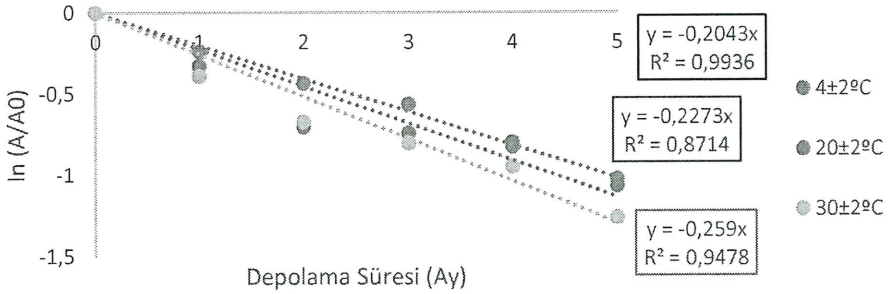
EK-25- Ispanak Suyu Tozları Depolama C vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

C vitamini İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



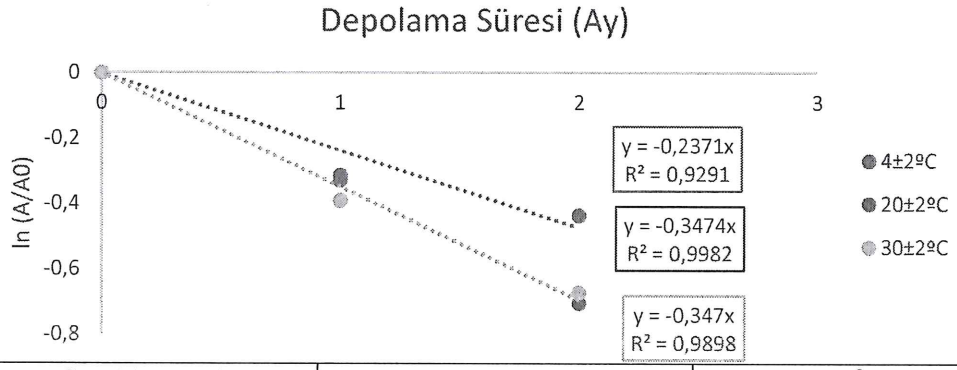
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	37.202	0.9025
20±2	40.195	0.7363
30±2	43.306	0.7941

C vitamini İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği

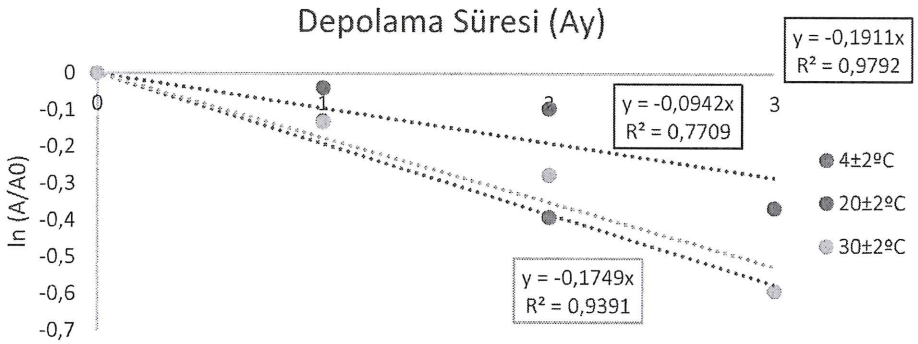


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2043	0.9936
20±2	0.2273	0.8714
30±2	0.259	0.9478

C vitamini İçeriği için 2 ayrı 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği (0- 2 ve 2-5. Aylar için)

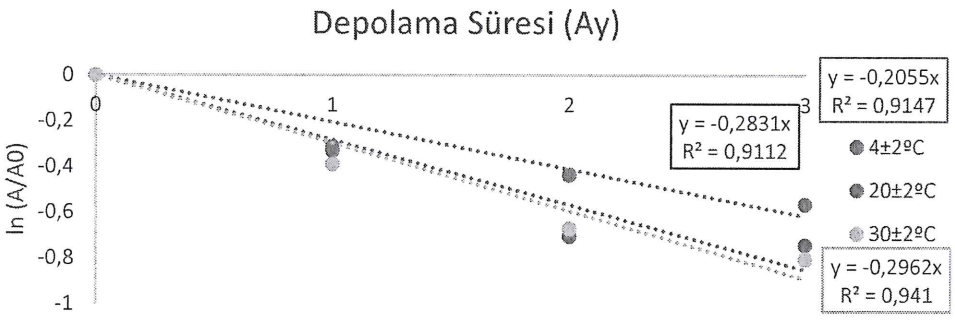


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2371	0.9291
20±2	0.3474	0.9982
30±2	0.347	0.9898

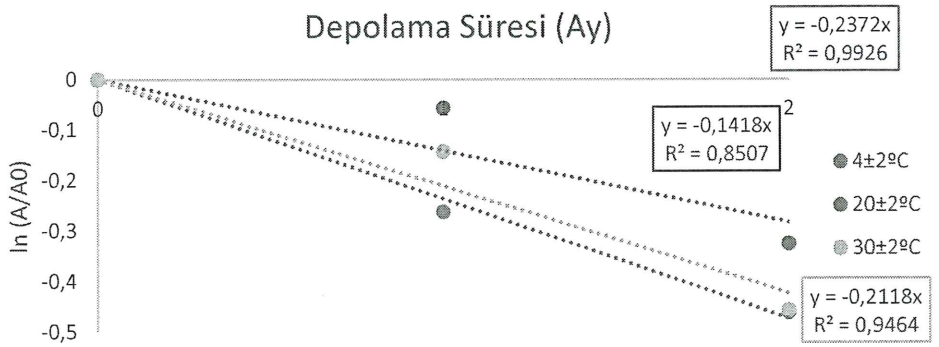


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1911	0.9792
20±2	0.0942	0.7709
30±2	0.1749	0.9391

C vitamini İçeriği için 2 ayrı 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği (0- 3 ve 3-5. Aylar için)

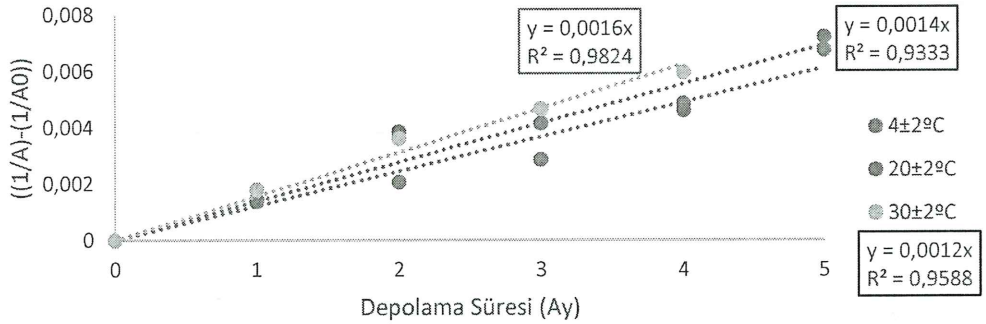


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2055	0.9147
20±2	0.2831	0.9112
30±2	0.2962	0.941



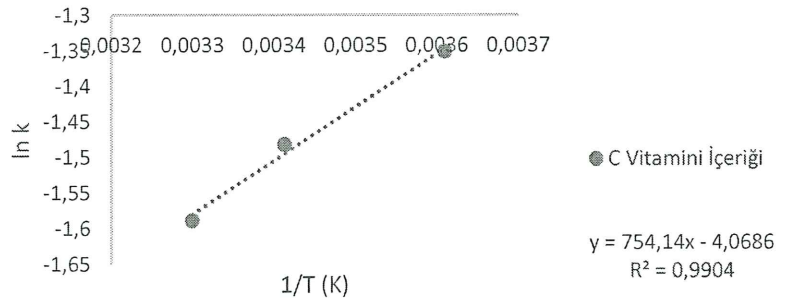
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2372	0.9926
20±2	0.1418	0.8507
30±2	0.2118	0.9464

C vitamini İçeriği için için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



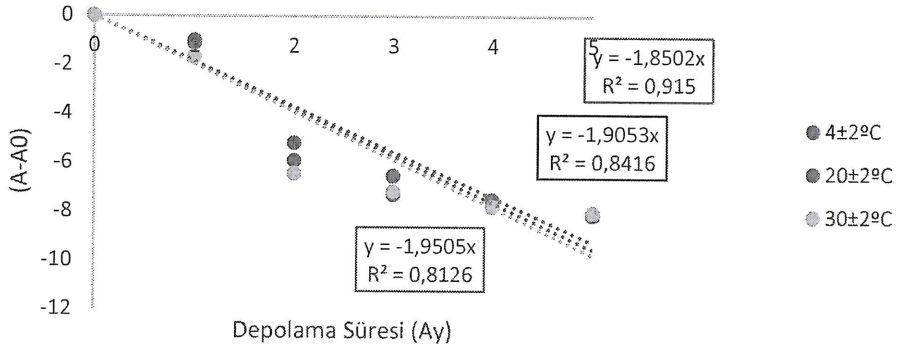
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0012	0.9588
20±2	0.0014	0.9333
30±2	0.0016	0.9824

C vitamini içeriği için aktiavasyon enerjisi



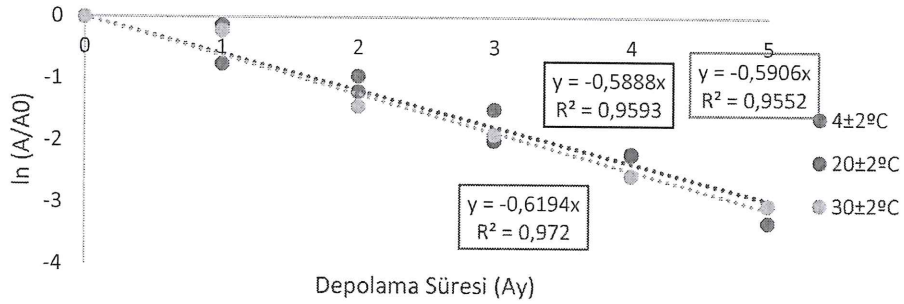
EK-26- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid Miktarı için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

Toplam Karotenoid Miktarı için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



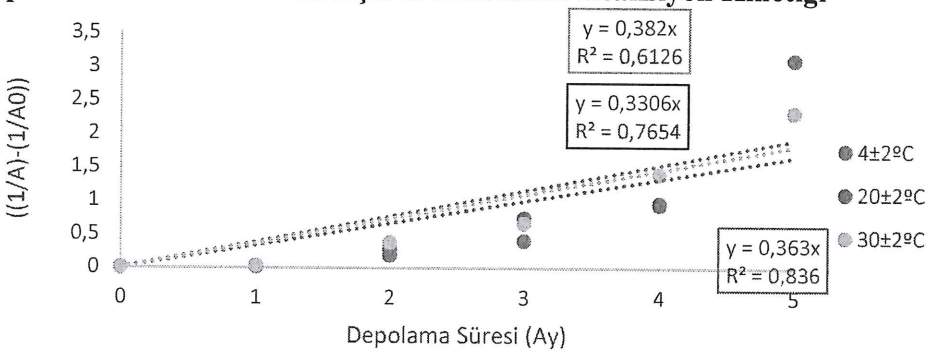
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	1.8502	0.915
20±2	1.9053	0.8416
30±2	1.9505	0.8126

Toplam Karotenoid Miktarı için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



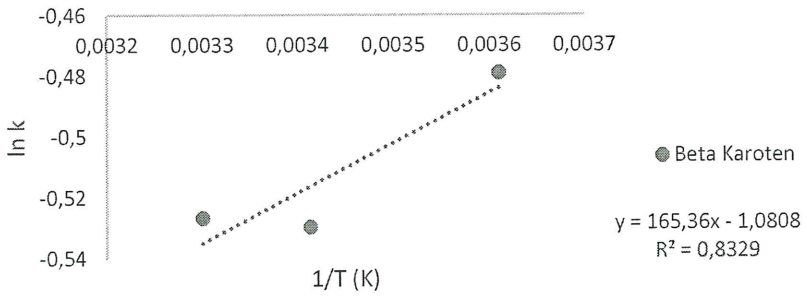
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.5906	0.9552
20±2	0.5888	0.9593
30±2	0.6194	0.972

Toplam Karotenoid Miktarı için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



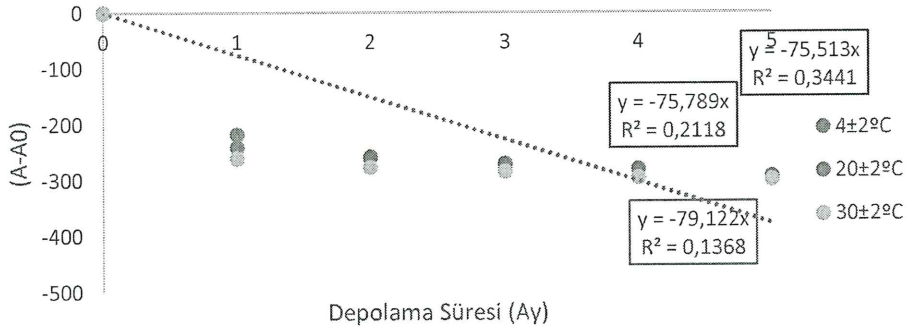
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.382	0.6126
20±2	0.3306	0.7654
30±2	0.363	0.836

Toplam Karotenoid Miktarı için aktiavasyon enerjisi



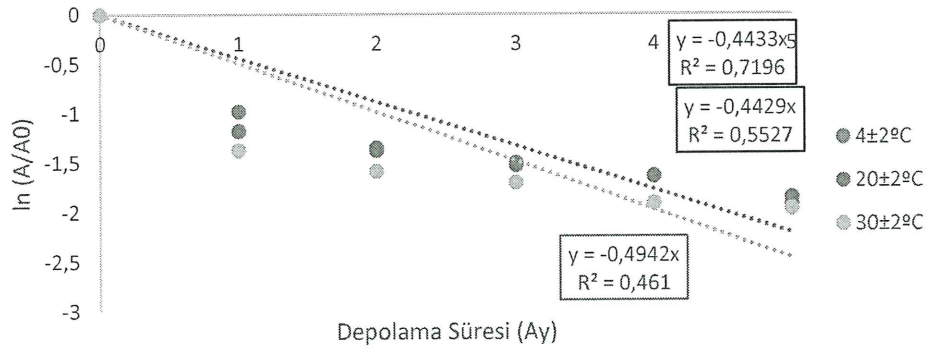
EK-27- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Klorofil İçeriği için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

Toplam Klorofil İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



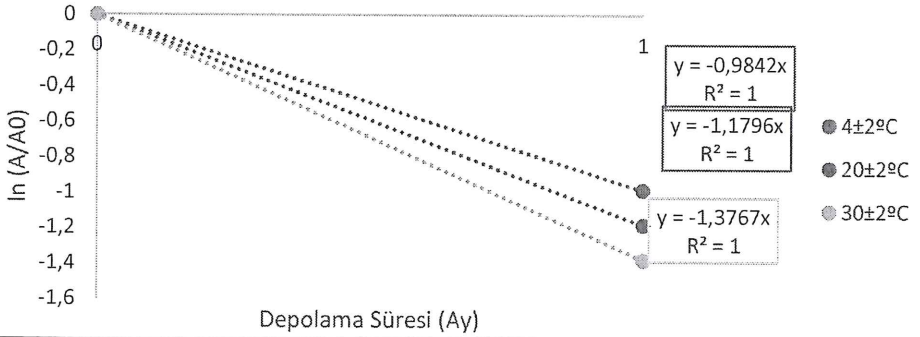
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	75.513	0.3441
20±2	75.789	0.2118
30±2	79.122	0.1368

Toplam Klorofil İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği

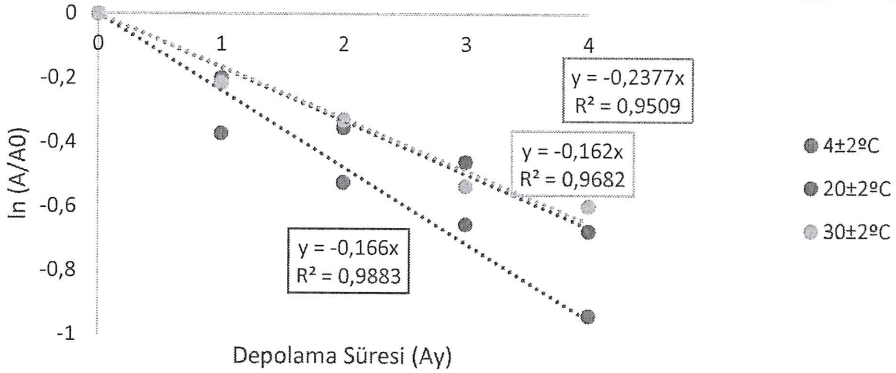


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.4433	0.7196
20±2	0.4429	0.5527
30±2	0.4942	0.461

Toplam Klorofil İçeriği için 2 ayrı 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği (0- 1 ve 1- 5. Aylar için)

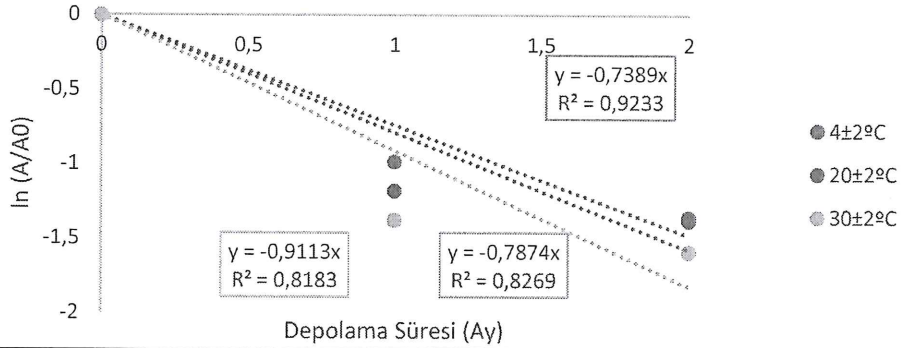


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.9842	1
20±2	1.1796	1
30±2	1.3767	1

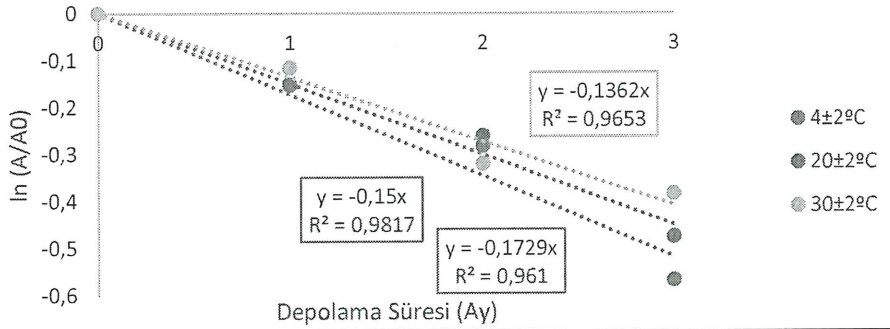


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2377	0.9509
20±2	0.162	0.9682
30±2	0.166	0.9883

Toplam Klorofil İçeriği için 2 ayrı 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği (0- 2 ve 2- 5. Aylar için)

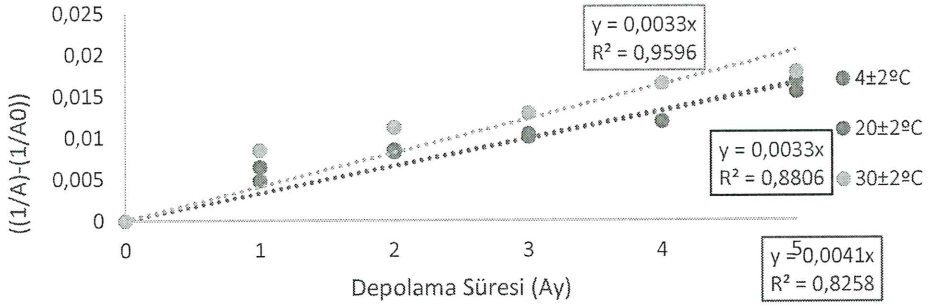


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.7389	0.9223
20±2	0.7874	0.8269
30±2	0.9113	0.8183



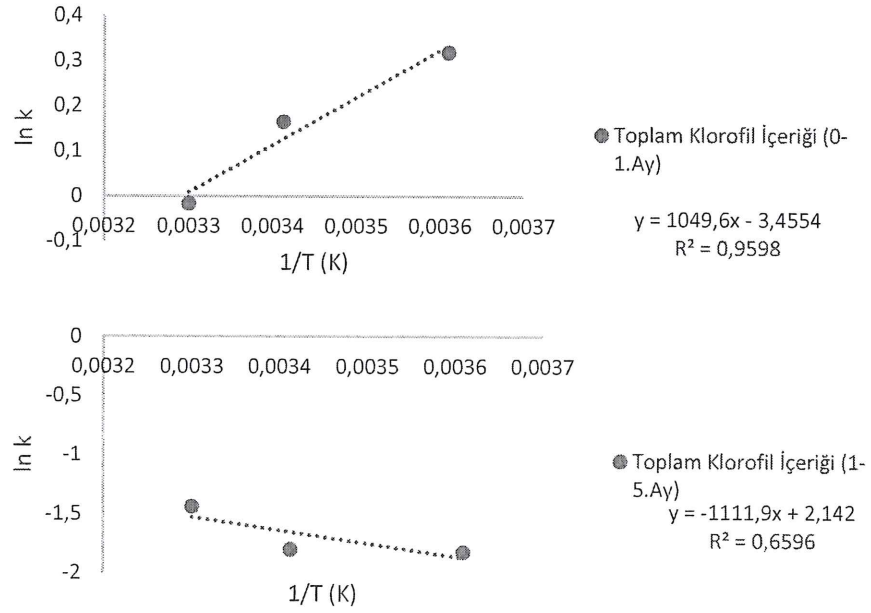
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1729	0.961
20±2	0.15	0.9817
30±2	0.1362	0.9653

Toplam Klorofil İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



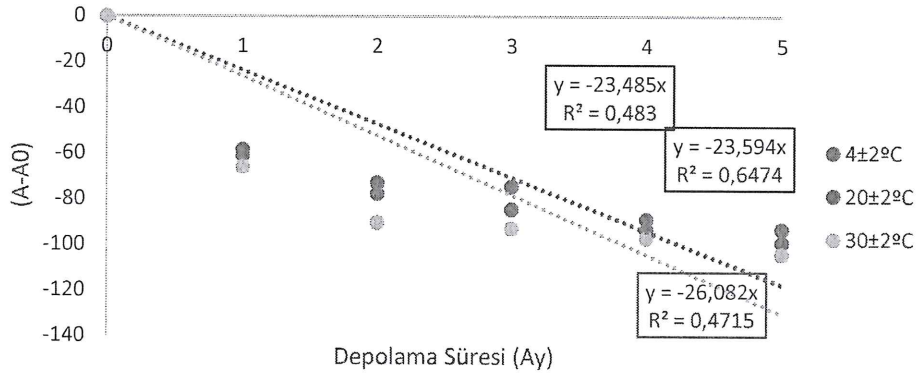
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0033	0.9596
20±2	0.0033	0.8806
30±2	0.0041	0.8258

Toplam Klorofil İçeriği için aktiavasyon enerjisi



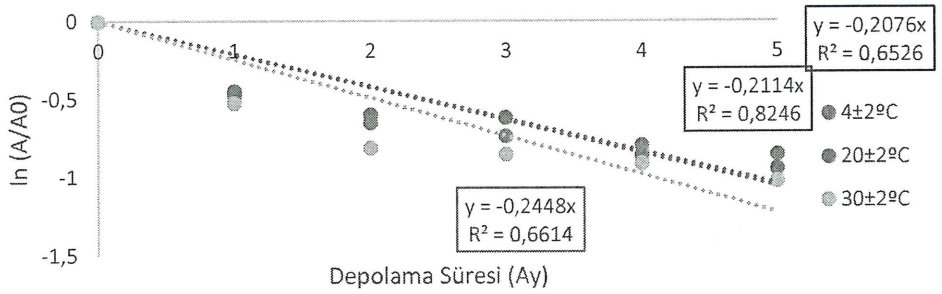
EK-28- Ispanak Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği ve Aktivasyon Enerjisi

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



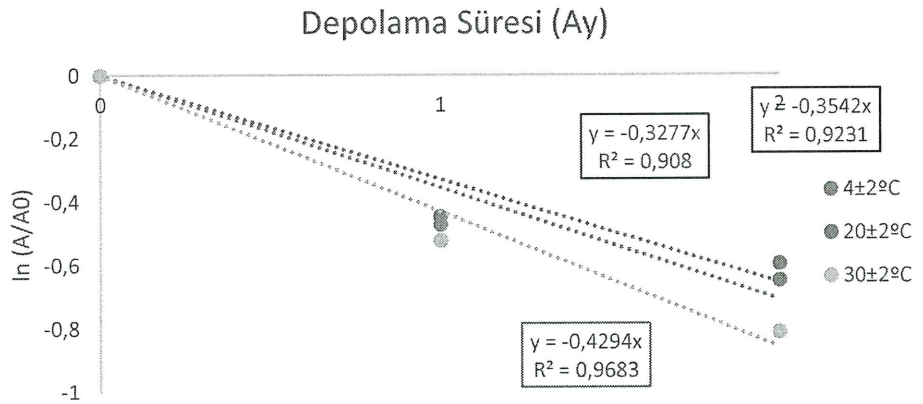
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	23.485	0.483
20±2	23.594	0.6474
30±2	26.082	0.4715

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği

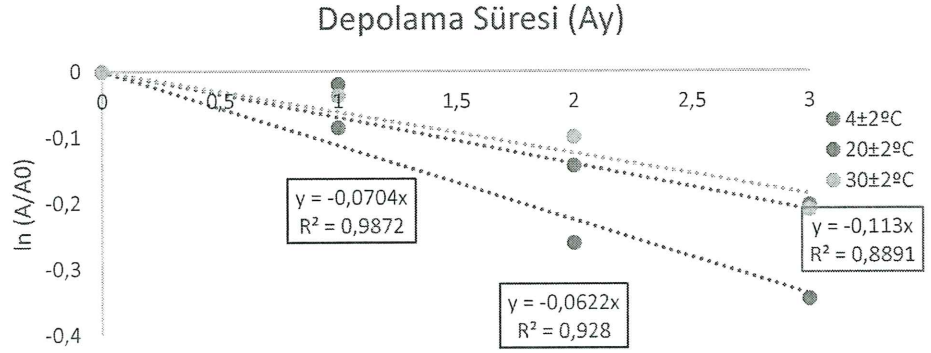


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2076	0.6526
20±2	0.2114	0.8246
30±2	0.2448	0.6614

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 2 ayrı 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği (0- 2 ve 2-5. Aylar için)

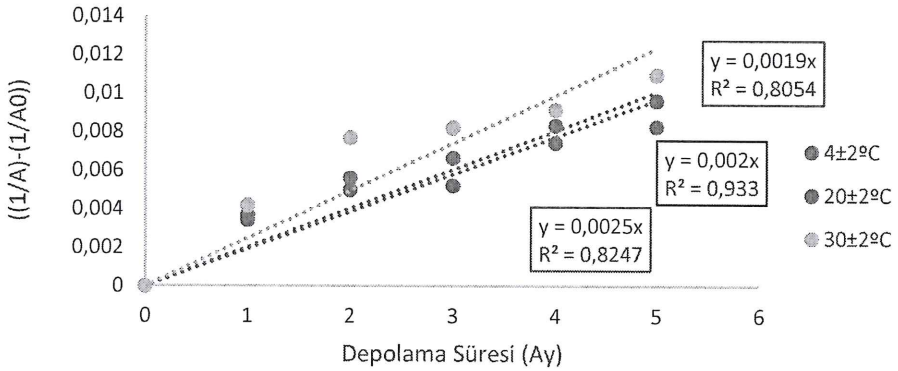


Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.3542	0.9231
20±2	0.3277	0.908
30±2	0.4294	0.9683



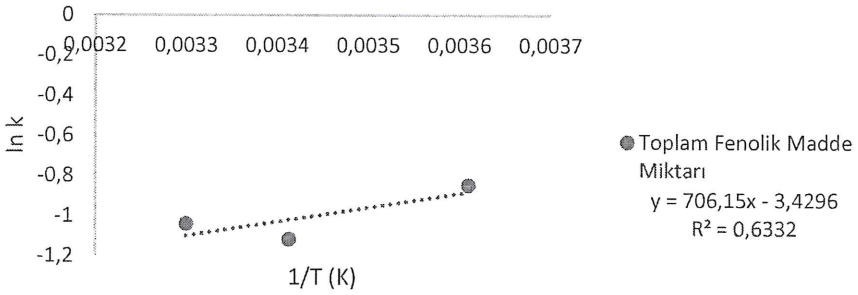
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0704	0.9872
20±2	0.113	0.8891
30±2	0.0622	0.928

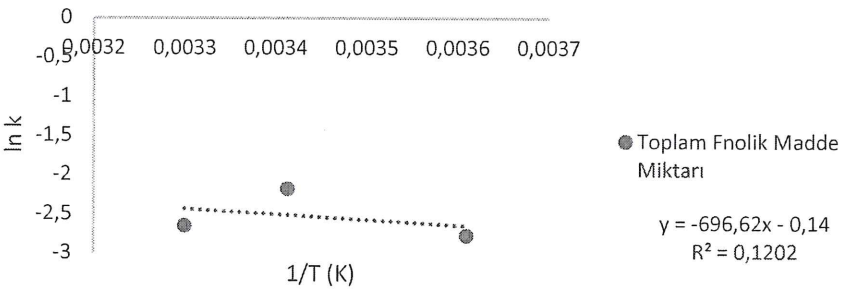
Toplam Fenolik Madde Miktarı 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0019	0.8054
20±2	0.002	0.933
30±2	0.0025	0.8247

Toplam Fenolik Madde Miktarı için aktiavasyon enerjisi





EK-29- Ispanak Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçları İçin SPSS Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Renk	Gruplar Arasında	33.700	5	6.740	6.645	.000
	Gruplar İçinde	85.200	84	1.014		
	Toplam	118.900	89			
Koku	Gruplar Arasında	67.389	5	13.478	13.309	.000
	Gruplar İçinde	85.067	84	1.013		
	Toplam	152.456	89			
Kasıkta Kıvam	Gruplar Arasında	15.956	5	3.191	3.866	.003
	Gruplar İçinde	69.333	84	.825		
	Toplam	85.289	89			
Agızda Kıvam	Gruplar Arasında	17.956	5	3.591	3.867	.003
	Gruplar İçinde	78.000	84	.929		
	Toplam	95.956	89			
Homojen Yapı	Gruplar Arasında	15.022	5	3.004	3.315	.009
	Gruplar İçinde	76.133	84	.906		
	Toplam	91.156	89			
Jelimsi Yapı	Gruplar Arasında	.000	5	.000	.	.
	Gruplar İçinde	.000	84	.000		
	Toplam	.000	89			
Lezzet	Gruplar Arasında	52.889	5	10.578	9.843	.000
	Gruplar İçinde	90.267	84	1.075		
	Toplam	143.156	89			
Yabancı Lezzet	Gruplar Arasında	8.056	5	1.611	1.230	.302
	Gruplar İçinde	110.000	84	1.310		
	Toplam	118.056	89			
Genel Beğeni	Gruplar Arasında	51.289	5	10.258	9.167	.000
	Gruplar İçinde	94.000	84	1.119		
	Toplam	145.289	89			

EK-30-Havuç Suyu Tozları için Toz Ürün Verimliliği ve Püskürtmeli Kurutma işleminin enerji verimliliği için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
MD içeren havuç suyu tozlarının verimi	Gruplar Arasında	3192.891	26	122.804	4.736	.000
	Gruplar İçinde	700.154	27	25.932		
	Toplam	3893.046	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının verimi	Gruplar Arasında	5350.333	26	205.782	15.740	.000
	Gruplar İçinde	353.000	27	13.074		
	Toplam	5703.333	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının verimi	Gruplar Arasında	2638.148	26	101.467	5.591	.000
	Gruplar İçinde	490.000	27	18.148		
	Toplam	3128.148	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının SMER değerleri	Gruplar Arasında	.337	26	.013	8.935	.000
	Gruplar İçinde	.039	27	.001		
	Toplam	.376	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının SMER değerleri	Gruplar Arasında	.707	26	.027	26.492	.000
	Gruplar İçinde	.028	27	.001		
	Toplam	.735	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının SMER değerleri	Gruplar Arasında	.423	26	.016	7.542	.000
	Gruplar İçinde	.058	27	.002		
	Toplam	.481	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	9.078	26	.349	12.733	.000
	Gruplar İçinde	.740	27	.027		
	Toplam	9.818	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	10.748	26	.413	42.088	.000
	Gruplar İçinde	.265	27	.010		
	Toplam	11.014	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	10.690	26	.411	6.540	.000
	Gruplar İçinde	1.697	27	.063		
	Toplam	12.388	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	48.599	26	1.869	4.075	.000
	Gruplar İçinde	12.384	27	.459		
	Toplam	60.983	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	66.916	26	2.574	29.385	.000
	Gruplar İçinde	2.365	27	.088		
	Toplam	69.280	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının MER değerleri	Gruplar Arasında	31.681	26	1.219	4.871	.000
	Gruplar İçinde	6.754	27	.250		
	Toplam	38.435	53			

EK-31-Havuç Suyu Tozlarının fiziksel özellikleri için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
MD içeren havuç suyu tozlarının nem içerikleri	Gruplar Arasında	8,462	26	,325	270,381	,000
	Gruplar İçinde	,033	27	,001		
	Toplam	8,494	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının nem içerikleri	Gruplar Arasında	14,954	26	,575	423,135	,000
	Gruplar İçinde	,037	27	,001		
	Toplam	14,991	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının nem içerikleri	Gruplar Arasında	4,332	26	,167	195,169	,000
	Gruplar İçinde	,023	27	,001		
	Toplam	4,355	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi	Gruplar Arasında	,026	26	,001	563,561	,000
	Gruplar İçinde	,000	27	,000		
	Toplam	,026	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi	Gruplar Arasında	,095	26	,004	4,130	,000
	Gruplar İçinde	,024	27	,001		
	Toplam	,119	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının su aktivitesi	Gruplar Arasında	,022	26	,001	1,379	,206
	Gruplar İçinde	,017	27	,001		
	Toplam	,039	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının pH değeri	Gruplar Arasında	23,217	26	,893	75,333	,000
	Gruplar İçinde	,320	27	,012		
	Toplam	23,537	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının pH değeri	Gruplar Arasında	9,291	26	,357	10,395	,000
	Gruplar İçinde	,928	27	,034		
	Toplam	10,219	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının pH değeri	Gruplar Arasında	2,638	26	,101	58,285	,000
	Gruplar İçinde	,047	27	,002		
	Toplam	2,685	53			

EK-32- Havuç Sularının Renk Değerleri için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
L*	Gruplar Arasında	437.974	9	48.664	43.472	.000
	Gruplar İçinde	73.882	66	1.119		
	Toplam	511.856	75			
a*	Gruplar Arasında	641.602	9	71.289	6.483	.000
	Gruplar İçinde	725.712	66	10.996		
	Toplam	1367.314	75			
b*	Gruplar Arasında	537.833	9	59.759	14.108	.000
	Gruplar İçinde	279.562	66	4.236		
	Toplam	817.395	75			

EK-33- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
L*	Gruplar Arasında	1707.753	26	65.683	39.771	.000
	Gruplar İçinde	290.666	176	1.652		
	Toplam	1998.419	202			
a*	Gruplar Arasında	3442.591	26	132.407	24.710	.000
	Gruplar İçinde	943.081	176	5.358		
	Toplam	4385.672	202			
b*	Gruplar Arasında	5641.864	26	216.995	100.655	.000
	Gruplar İçinde	379.426	176	2.156		
	Toplam	6021.290	202			

EK-34- Peynir altı suyu tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
L*	Gruplar Arasında	2691,550	26	103,521	72,146	,000
	Gruplar İçinde	252,539	176	1,435		
	Toplam	2944,089	202			
a*	Gruplar Arasında	134958,016	26	5190,693	,575	,952
	Gruplar İçinde	1589994,359	176	9034,059		
	Toplam	1724952,376	202			
b*	Gruplar Arasında	2630,978	26	101,191	11,230	,000
	Gruplar İçinde	1585,954	176	9,011		
	Toplam	4216,932	202			

EK-35- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için ANOVA Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
L*	Gruplar Arasında	725,243	26	27,894	46,924	,000
	Gruplar İçinde	104,624	176	,594		
	Toplam	829,867	202			
a*	Gruplar Arasında	2732,404	26	105,092	38,575	,000
	Gruplar İçinde	479,486	176	2,724		
	Toplam	3211,890	202			
b*	Gruplar Arasında	7068,685	26	271,872	86,438	,000
	Gruplar İçinde	553,572	176	3,145		
	Toplam	7622,256	202			

EK-36-Havuç Suyu Tozlarının kimyasal özellikleri için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
MD içeren havuç suyu tozlarının C vitamin içeriği	Gruplar Arasında	40832,266	26	1570,472	171,009	,000
	Gruplar İçinde	247,956	27	9,184		
	Toplam	41080,222	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının C vitamin içeriği	Gruplar Arasında	21158,770	26	813,799	232,305	,000
	Gruplar İçinde	94,585	27	3,503		
	Toplam	21253,355	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının C vitamin içeriği	Gruplar Arasında	16386,557	26	630,252	131,099	,000
	Gruplar İçinde	129,801	27	4,807		
	Toplam	16516,358	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının β-karoten içeriği	Gruplar Arasında	188,480	26	7,249	73,152	,000
	Gruplar İçinde	2,676	27	,099		
	Toplam	191,156	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının β-karoten içeriği	Gruplar Arasında	54,418	26	2,093	117,866	,000
	Gruplar İçinde	,479	27	,018		
	Toplam	54,897	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının β-karoten içeriği	Gruplar Arasında	101,771	26	3,914	278,412	,000
	Gruplar İçinde	,380	27	,014		
	Toplam	102,151	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı	Gruplar Arasında	314390,436	26	12091,940	155,427	,000
	Gruplar İçinde	2100,550	27	77,798		
	Toplam	316490,986	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı	Gruplar Arasında	319843,114	26	12301,658	426,116	,000
	Gruplar İçinde	779,471	27	28,869		
	Toplam	320622,585	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı	Gruplar Arasında	432066,896	26	16617,958	158,052	,000
	Gruplar İçinde	2838,847	27	105,142		
	Toplam	434905,744	53			

EK-37-Havuç Suyu Tozlarının mineral madde içeriği için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Sodyum	Gruplar Arasında	4831442,566	2	2415721,283	9291,423	,000
	Gruplar İçinde	779,984	3	259,995		
	Toplam	4832222,551	5			
Potasyum	Gruplar Arasında	25290373,869	2	12645186,934	551,742	,000
	Gruplar İçinde	68755,996	3	22918,665		
	Toplam	25359129,865	5			

EK-38- Havuç Suyu Tozlarının toz ürün özellikleri (ıslanabilirlik ve çözünürlük süreleri ve dağılabilirlik değeri) için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
MD içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri	Gruplar Arasında	818518,333	26	31481,474	281,364	,000
	Gruplar İçinde	3021,000	27	111,889		
	Toplam	821539,333	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri	Gruplar Arasında	497,617	26	19,139	5,839	,000
	Gruplar İçinde	88,500	27	3,278		
	Toplam	586,117	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının ıslanabilirlik süreleri	Gruplar Arasında	48415367,593	26	1862129,523	175,908	,000
	Gruplar İçinde	285817,000	27	10585,815		
	Toplam	48701184,593	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süreleri	Gruplar Arasında	333144,000	26	12813,231	38,961	,000
	Gruplar İçinde	8879,500	27	328,870		
	Toplam	342023,500	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süreleri	Gruplar Arasında	320,692	26	12,334	2,198	,023
	Gruplar İçinde	151,511	27	5,612		
	Toplam	472,203	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının çözünürlük süreleri	Gruplar Arasında	64372991,333	26	2475884,282	1,920	,049
	Gruplar İçinde	34808368,000	27	1289198,815		
	Toplam	99181359,333	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değeri	Gruplar Arasında	4035,516	26	155,212	45,926	,000
	Gruplar İçinde	91,250	27	3,380		
	Toplam	4126,766	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değeri	Gruplar Arasında	661,083	26	25,426	37,617	,000
	Gruplar İçinde	18,250	27	,676		
	Toplam	679,333	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının dağılabilirlik değeri	Gruplar Arasında	2016,030	26	77,540	28,244	,000
	Gruplar İçinde	74,125	27	2,745		
	Toplam	2090,155	53			

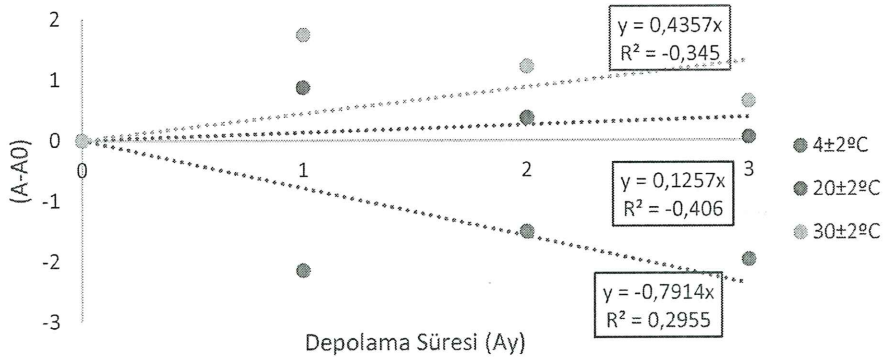
EK-39-Havuç Suyu Tozlarının toz ürün özellikleri (yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik ve yapışkanlık değeri) için ANOVA sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
MD içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu	Gruplar Arasında	160776,037	26	6183,694	9,324	,000
	Gruplar İçinde	17906,500	27	663,204		
	Toplam	178682,537	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu	Gruplar Arasında	265011,000	26	10192,731	57,731	,000
	Gruplar İçinde	4767,000	27	176,556		
	Toplam	269778,000	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının yığın yoğunluğu	Gruplar Arasında	380208,000	26	14623,385	18,204	,000
	Gruplar İçinde	21689,500	27	803,315		
	Toplam	401897,500	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu	Gruplar Arasında	348257,000	26	13394,500	1,780	,071
	Gruplar İçinde	203171,000	27	7524,852		
	Toplam	551428,000	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu	Gruplar Arasında	1658486,481	26	63787,942	7,936	,000
	Gruplar İçinde	217019,000	27	8037,741		
	Toplam	1875505,481	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının sıkıştırılmış yoğunluğu	Gruplar Arasında	675681,333	26	25987,744	118,645	,000
	Gruplar İçinde	5914,000	27	219,037		
	Toplam	681595,333	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks değerleri	Gruplar Arasında	696,583	26	26,792	16,256	,000
	Gruplar İçinde	44,500	27	1,648		
	Toplam	741,083	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks değeri	Gruplar Arasında	3206,669	26	123,333	67,132	,000
	Gruplar İçinde	49,604	27	1,837		
	Toplam	3256,273	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının Carr Indeks değeri	Gruplar Arasında	354,049	26	13,617	14,209	,000
	Gruplar İçinde	25,875	27	,958		
	Toplam	379,924	53			
MD içeren havuç suyu tozlarının Hausner Oranı	Gruplar Arasında	,393	26	,015	13,865	,000
	Gruplar İçinde	,029	27	,001		
	Toplam	,422	53			
WP içeren havuç suyu tozlarının Hausner Oranı	Gruplar Arasında	1,922	26	,074	38,937	,000
	Gruplar İçinde	,051	27	,002		
	Toplam	1,973	53			
GA içeren havuç suyu tozlarının Hausner Oranı	Gruplar Arasında	,268	26	,010	13,693	,000
	Gruplar İçinde	,020	27	,001		
	Toplam	,288	53			

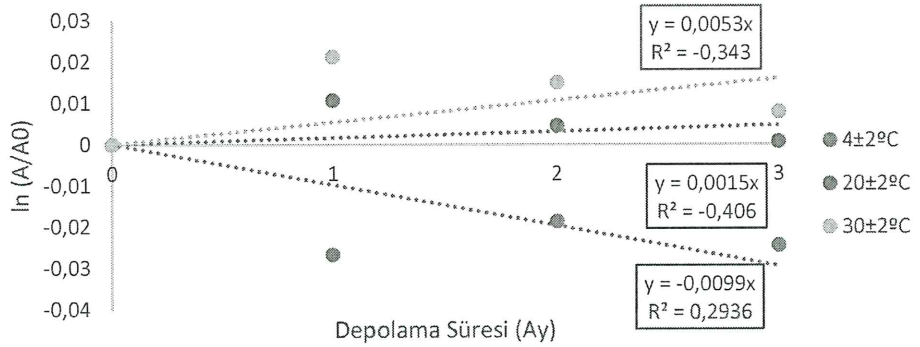
EK-40- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

L* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



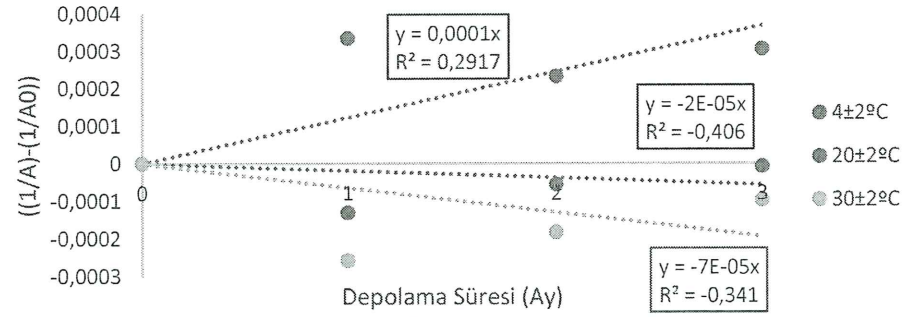
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.7914	0.2955
20±2	0.1257	-0.406
30±2	0.4357	-0.345

L* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



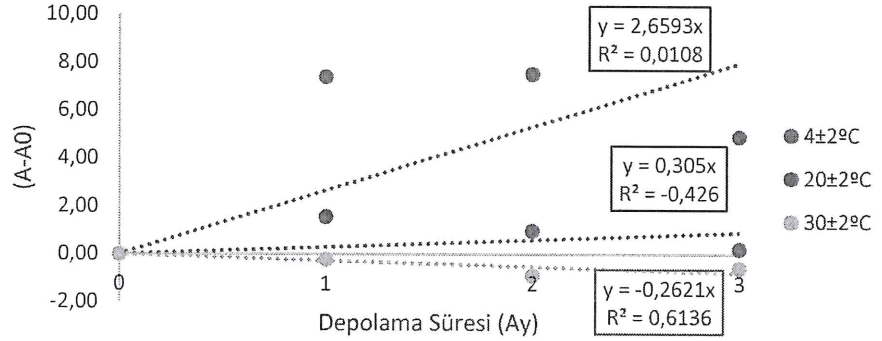
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0099	0.2936
20±2	0.0015	-0.406
30±2	0.0053	-0.343

L* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



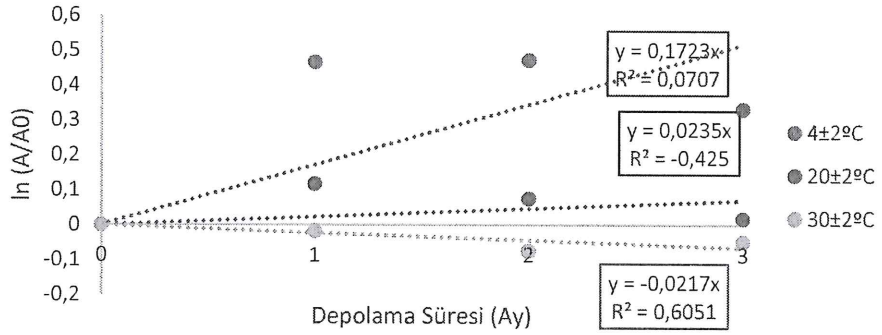
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0001	0.2917
20±2	2E-05	-0.406
30±2	7E-05	-0.341

a* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



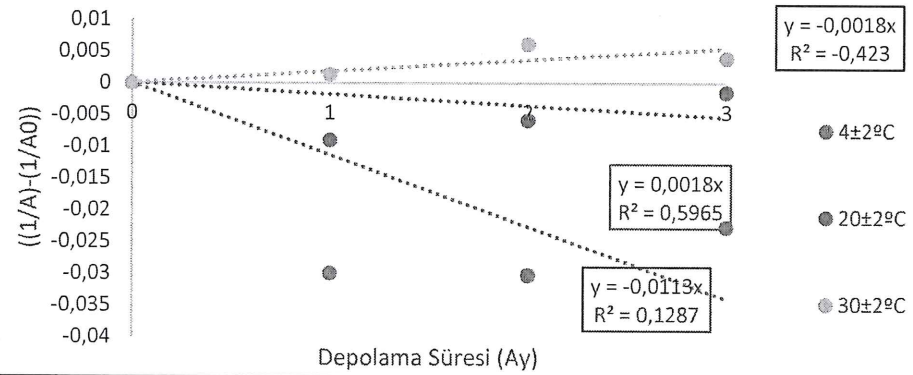
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	2.6593	0.0108
20±2	0.305	-0.426
30±2	0.2621	0.6136

a* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



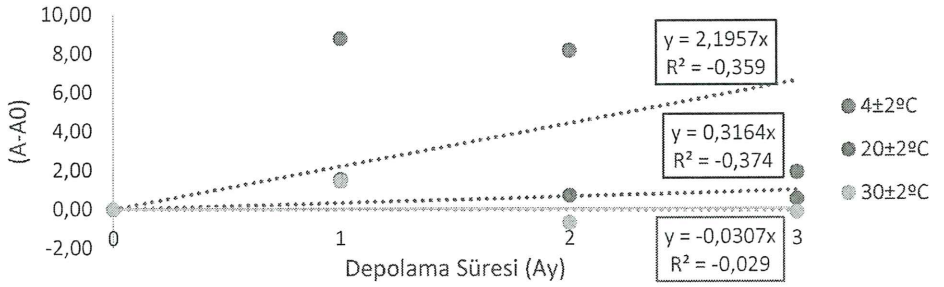
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1723	0.0707
20±2	0.0235	-0.425
30±2	0.0217	0.6051

a* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



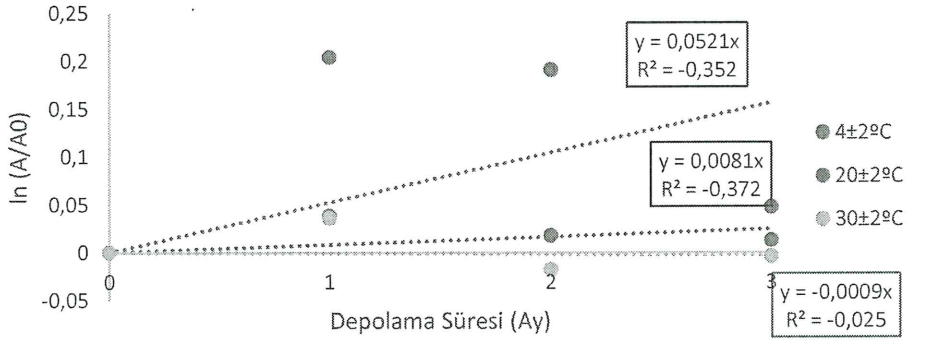
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0113	0.1287
20±2	0.0018	-0.423
30±2	0.0018	0.5965

b* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



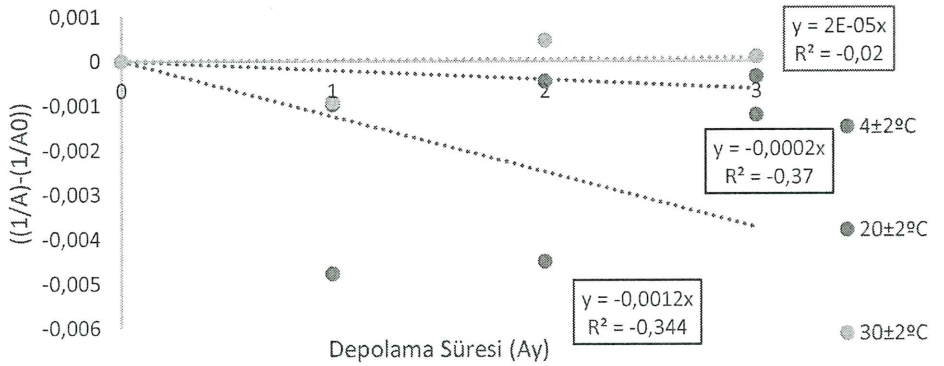
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	2.1957	-0.359
20±2	0.3164	-0.374
30±2	0.0307	-0.029

b* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0521	-0.352
20±2	0.0081	-0.372
30±2	0.0009	-0.025

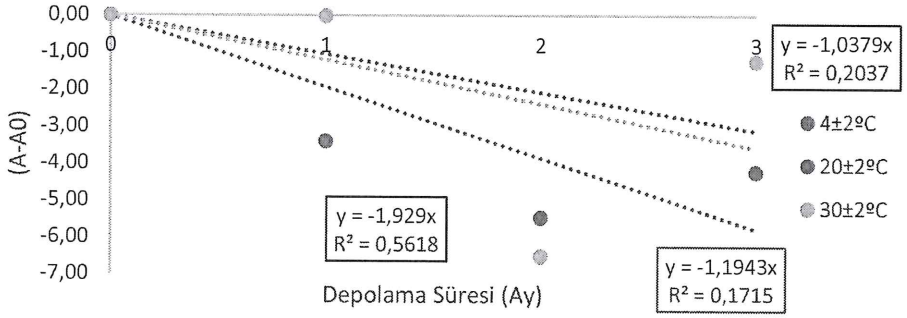
b* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0012	-0.344
20±2	0.0002	-0.37
30±2	2E-05	-0.02

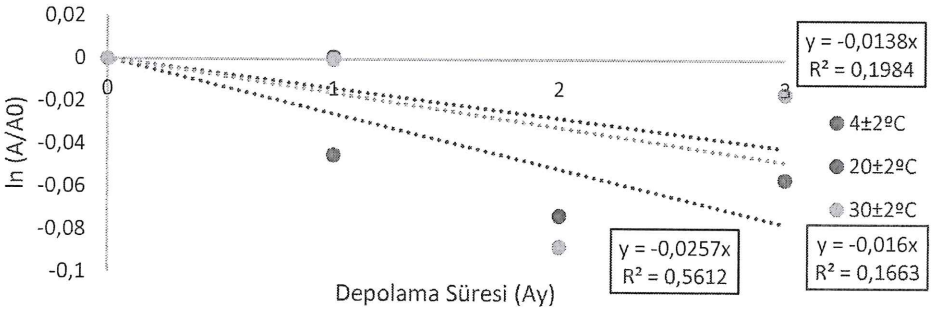
EK-41- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

L* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



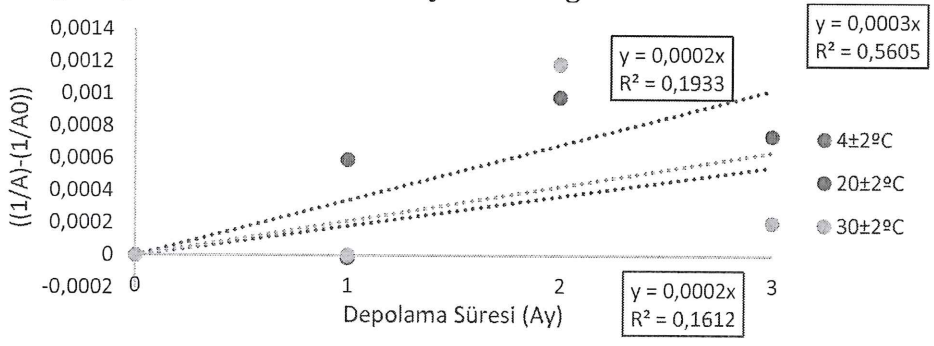
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	1.929	0.5618
20±2	1.0379	0.2037
30±2	1.1943	0.1715

L* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



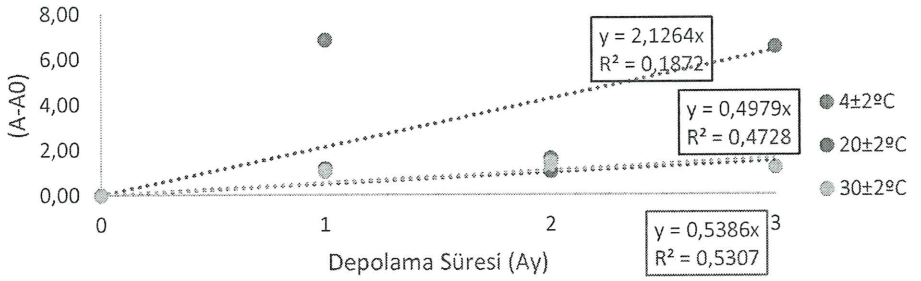
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0257	0.5612
20±2	0.0138	0.1984
30±2	0.016	0.1663

L* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



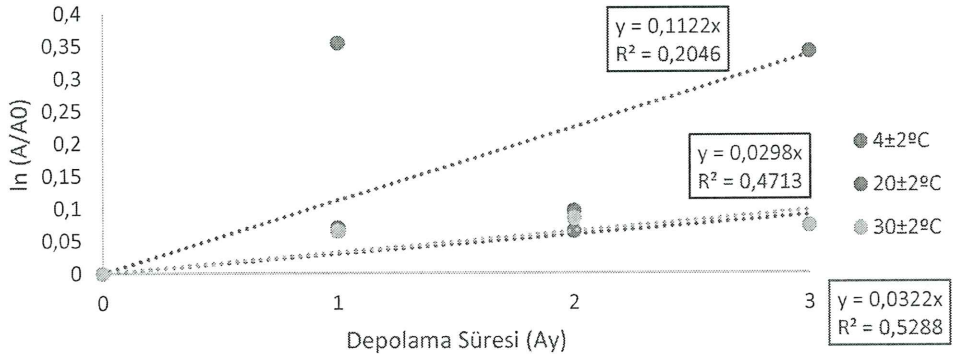
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0003	0.5605
20±2	0.0002	0.1933
30±2	0.0002	0.1612

a* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



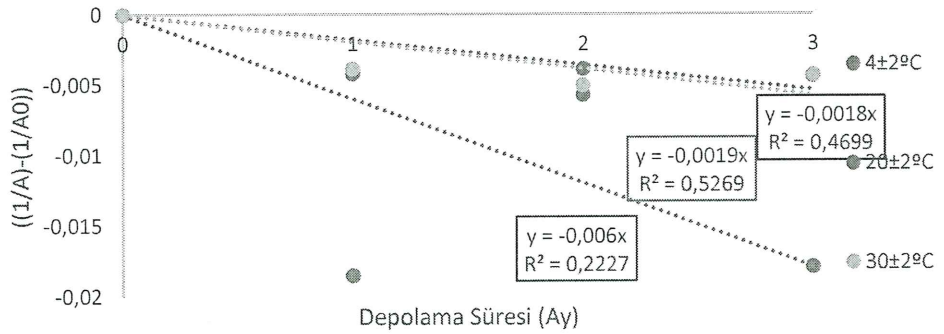
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	2.1264	0.1872
20±2	0.4979	0.4728
30±2	0.5386	0.5307

a* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



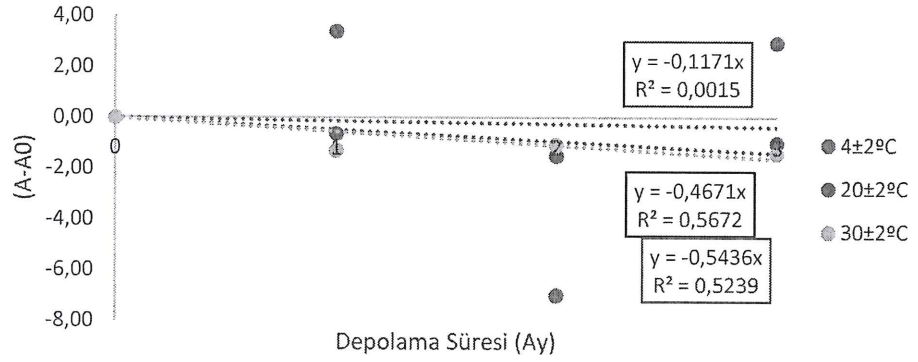
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1122	0.2046
20±2	0.0298	0.4713
30±2	0.0322	0.5288

a* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



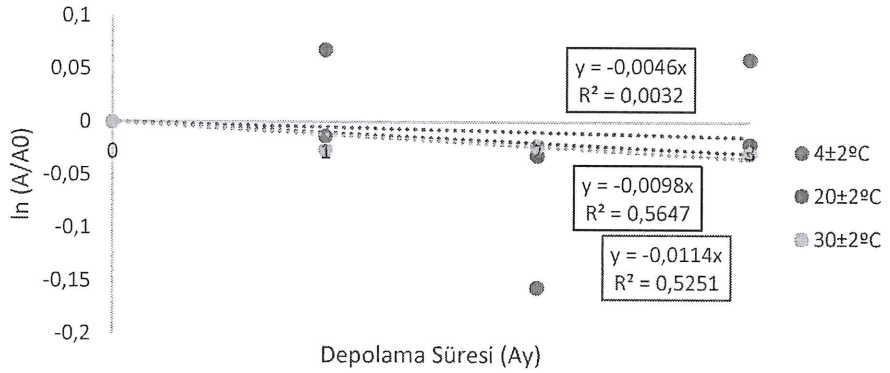
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.006	0.2227
20±2	0.0018	0.4699
30±2	0.0019	0.5269

b* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



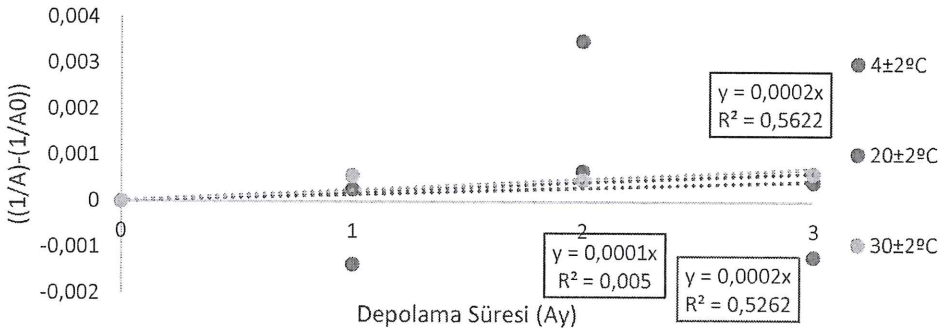
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1171	0.0015
20±2	0.4671	0.5672
30±2	0.5436	0.5239

b* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0046	0.0032
20±2	0.0098	0.5647
30±2	0.0114	0.5251

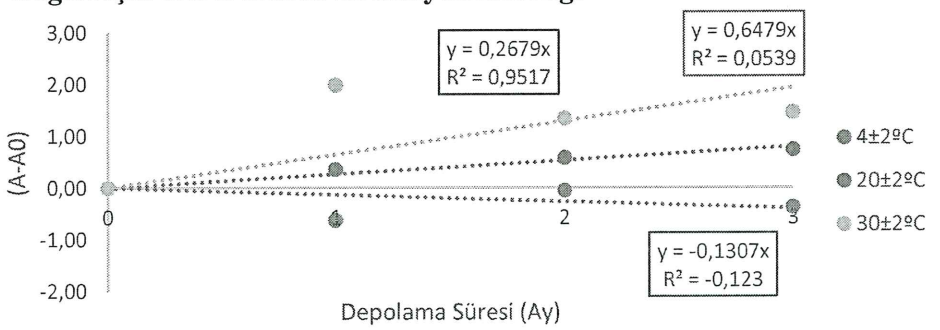
b* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0001	0.005
20±2	0.0002	0.5262
30±2	0.0002	0.5662

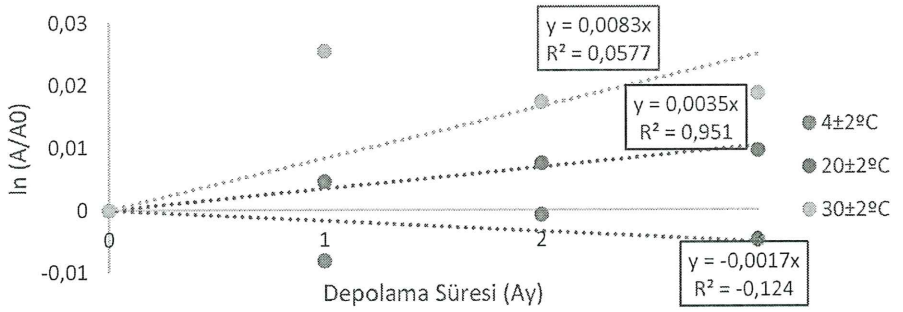
EK-42- .Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Renk Değerleri (L*, a* ve b*) için Reaksiyon Kinetiği

L* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



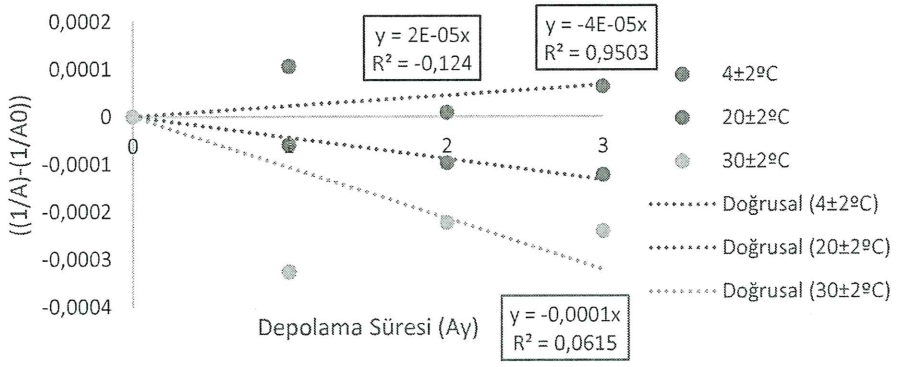
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1307	-0.123
20±2	0.2679	0.9517
30±2	0.6479	0.0539

L* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



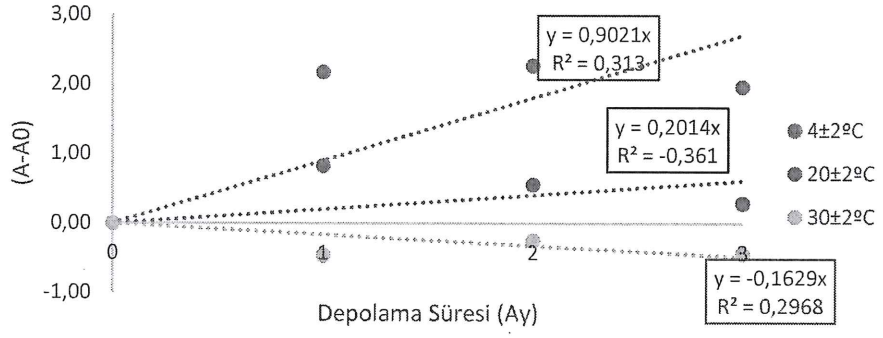
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0017	-0.124
20±2	0.0035	0.951
30±2	0.0083	0.0577

L* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



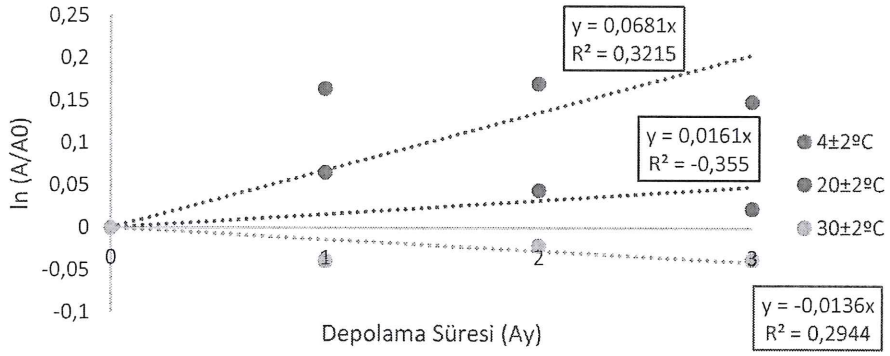
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	2E-05	-0.124
20±2	4E-05	0.9503
30±2	0.0001	0.0615

a* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



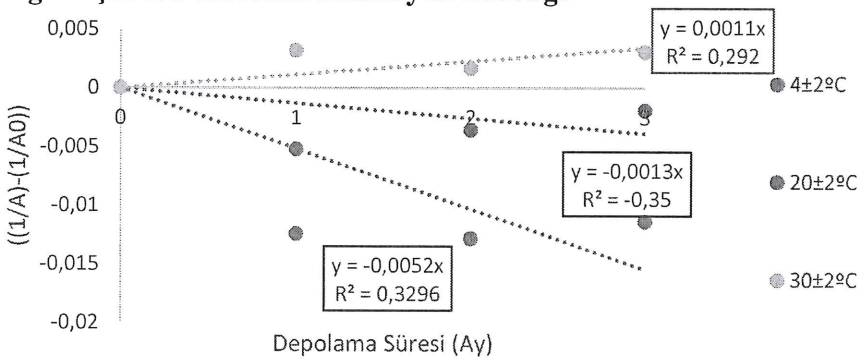
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.9021	0.313
20±2	0.2014	-0.361
30±2	0.1629	0.2968

a* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



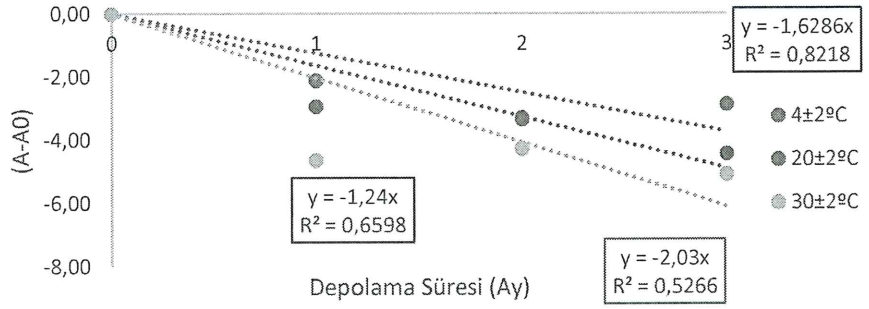
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0681	0.3215
20±2	0.0161	0.355
30±2	0.0136	0.2944

a* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



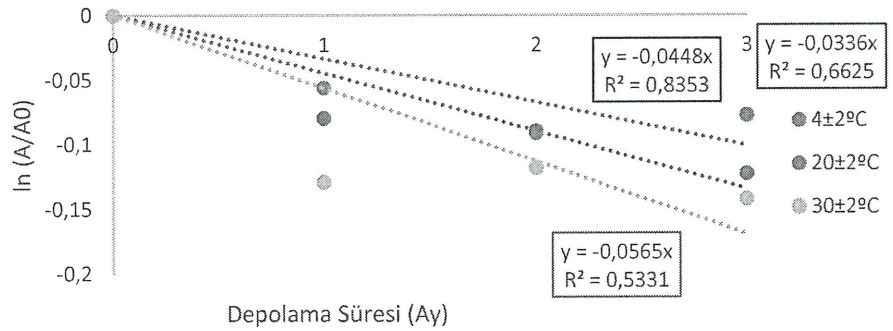
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0052	0.32296
20±2	0.0013	-0.35
30±2	0.0011	0.292

b* Değeri için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



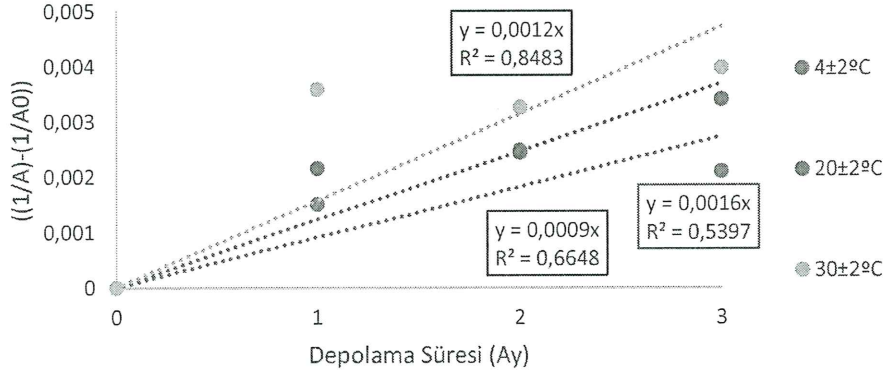
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	1.24	0.6598
20±2	1.6286	0.8218
30±2	2.03	0.5266

b* Değeri için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0336	0.6625
20±2	0.0448	0.8353
30±2	0.0565	0.5331

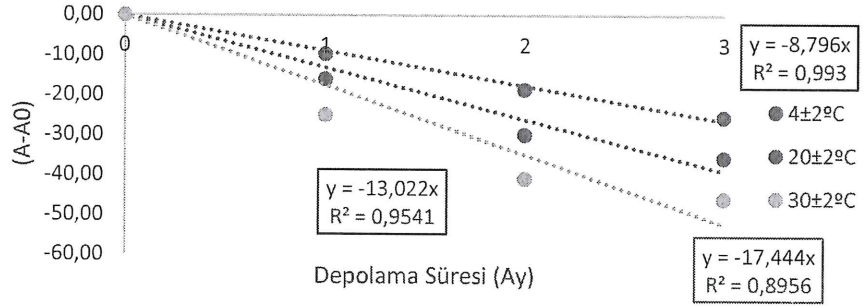
b* Değeri için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0009	0.6648
20±2	0.0012	0.8483
30±2	0.0016	0.5397

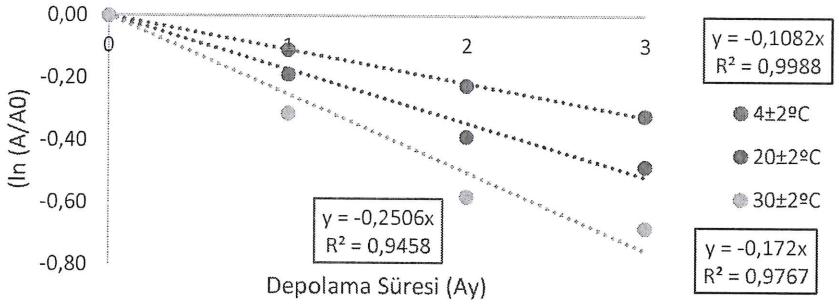
EK-43- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

C Vitamini İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



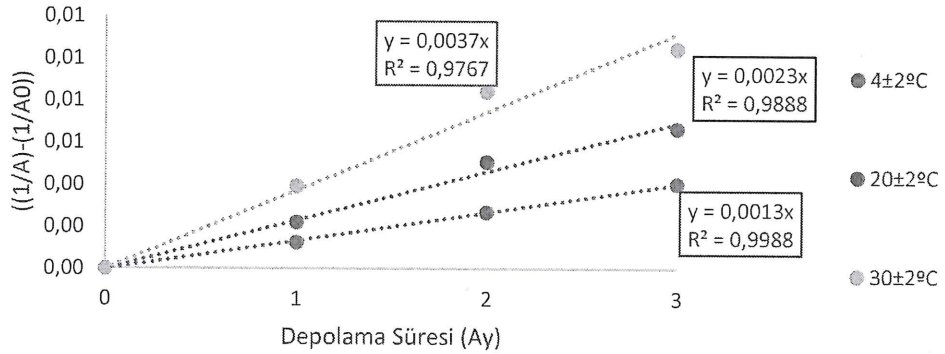
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	8.796	0.993
20±2	13.022	0.9541
30±2	17.444	0.8956

C Vitamini İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



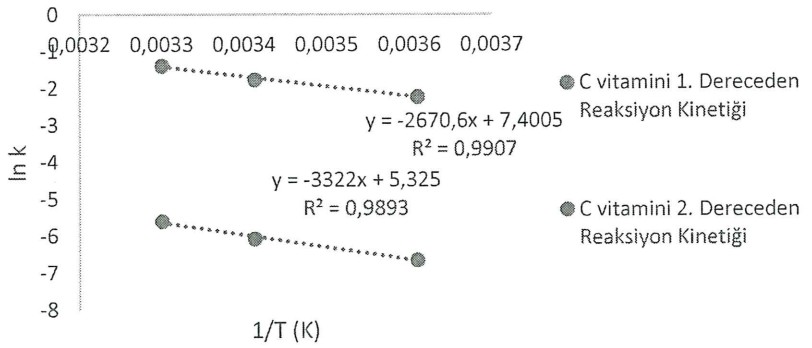
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	30.1082	0.9988
20±2	0.172	0.9767
30±2	0.2506	0.9458

C Vitamini İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



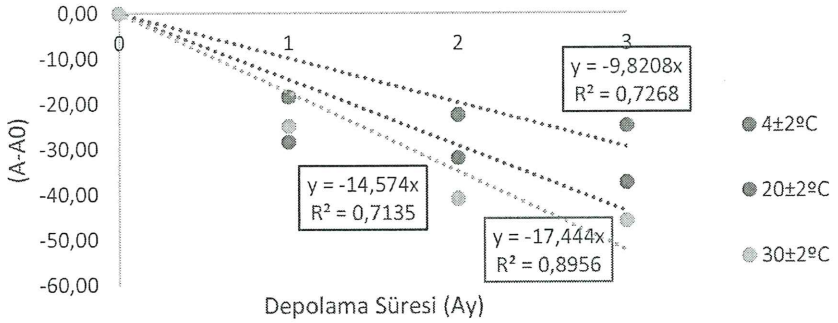
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0013	0.9988
20±2	0.0023	0.9888
30±2	0.0037	0.9767

Maltodekstrin içeren havuç suyu tozları için Aktivasyon Enerjisi



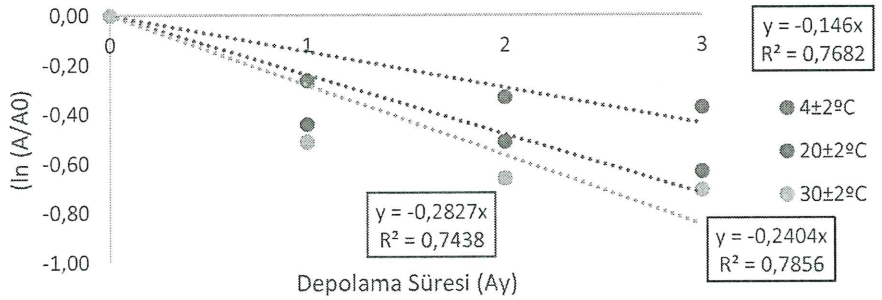
EK-44- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

C Vitamini İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



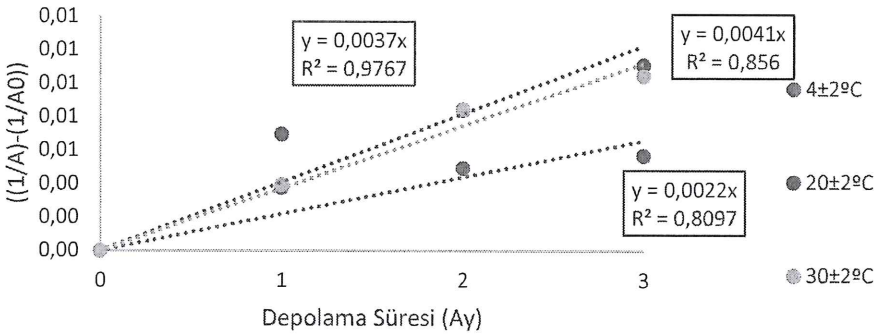
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	9.8208	0.7268
20±2	14.574	0.7135
30±2	17.444	0.8956

C Vitamini İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.146	0.7682
20±2	0.2404	0.7856
30±2	0.2827	0.7438

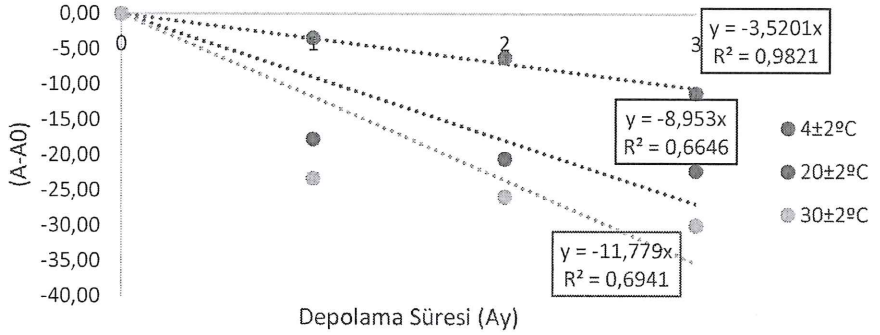
C Vitamini İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0022	0.8097
20±2	0.0041	0.856
30±2	0.0037	0.9767

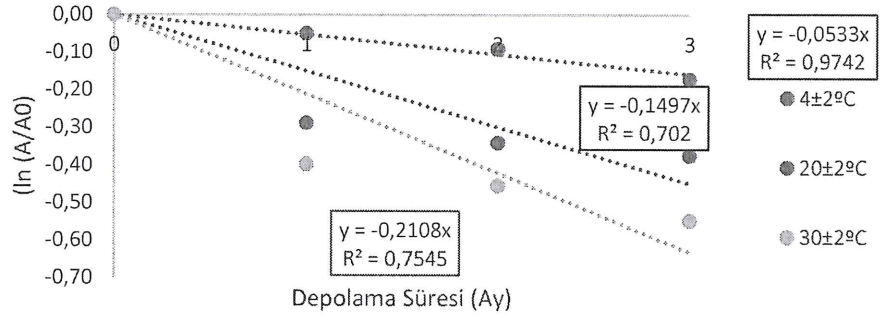
EK-45- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama C Vitamini İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

C Vitamini İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



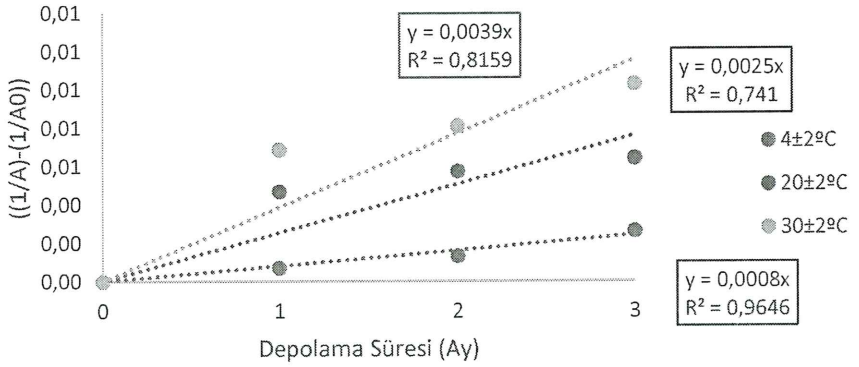
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	3.5201	0.9821
20±2	8.953	0.6646
30±2	11.779	0.6941

C Vitamini İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0533	0.9742
20±2	0.1497	0.702
30±2	0.2108	0.7545

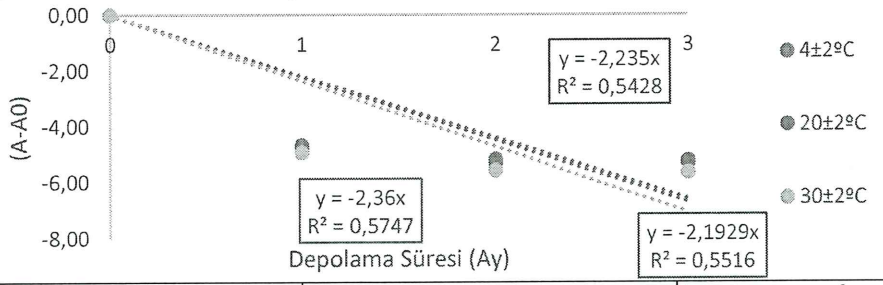
C Vitamini İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0008	0.9646
20±2	0.0025	0.741
30±2	0.0039	0.8159

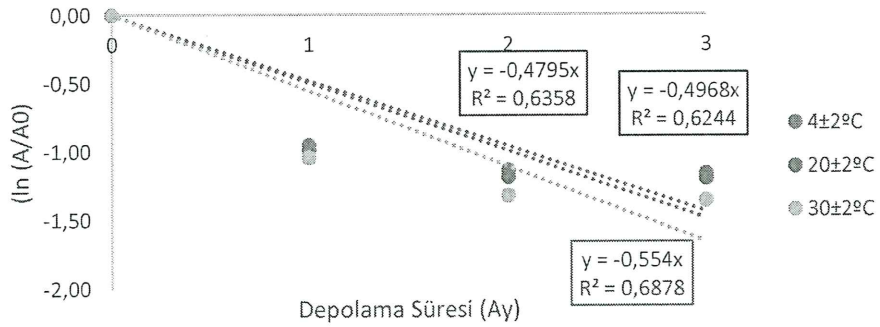
EK-46- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Karotenoid İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



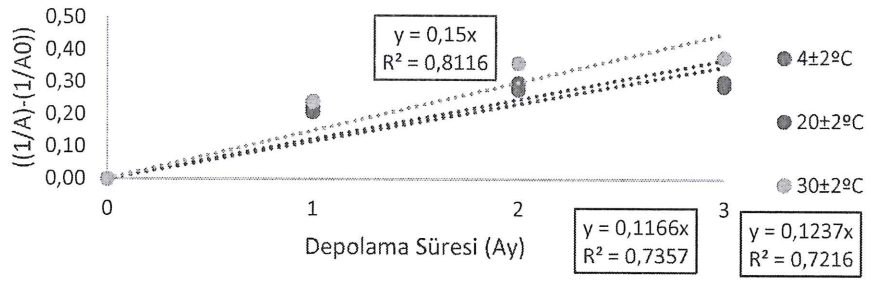
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	2.1929	0.5516
20±2	2.235	0.5428
30±2	2.36	0.5747

Toplam Karotenoid İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.4795	0.6358
20±2	0.4968	0.6244
30±2	0.554	0.6878

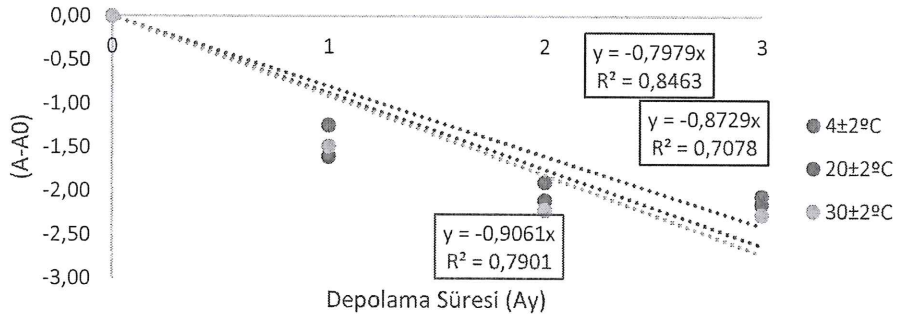
Toplam Karotenoid İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1166	0.7357
20±2	0.1237	0.7216
30±2	0.15	0.8116

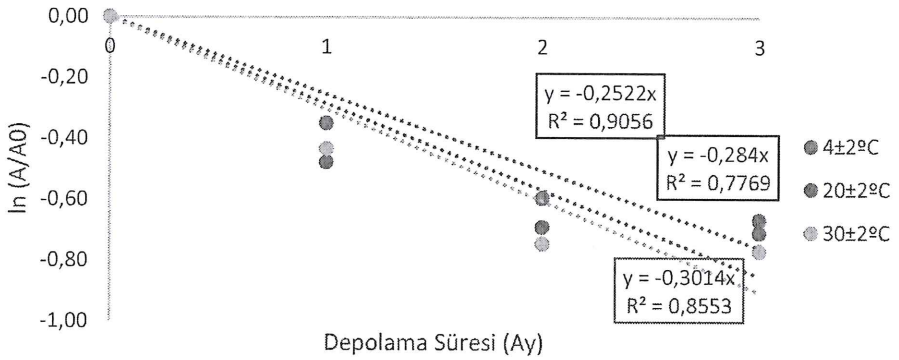
EK-47- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Karotenoid İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



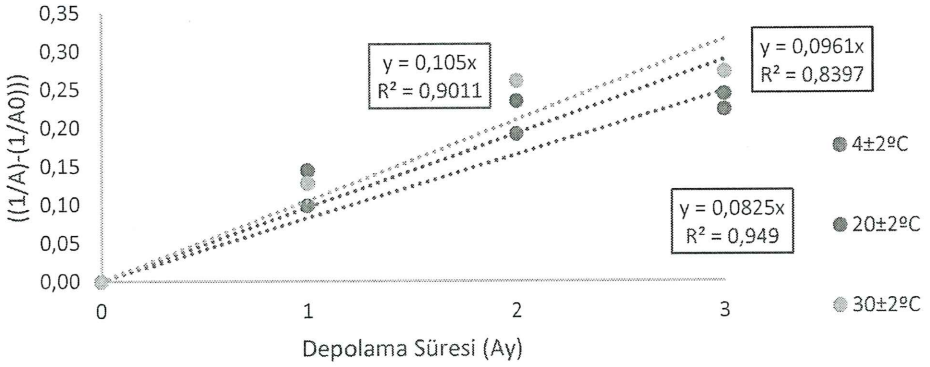
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.7979	0.8463
20±2	0.8729	0.7078
30±2	0.9061	0.7901

Toplam Karotenoid İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



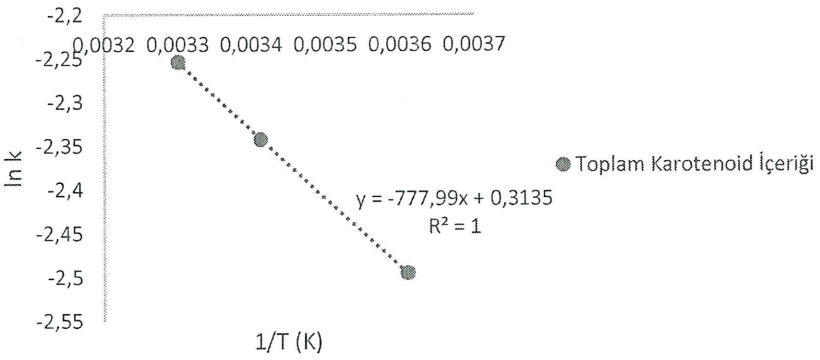
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2522	0.9056
20±2	0.284	0.7769
30±2	0.3014	0.8553

Toplam Karotenoid İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



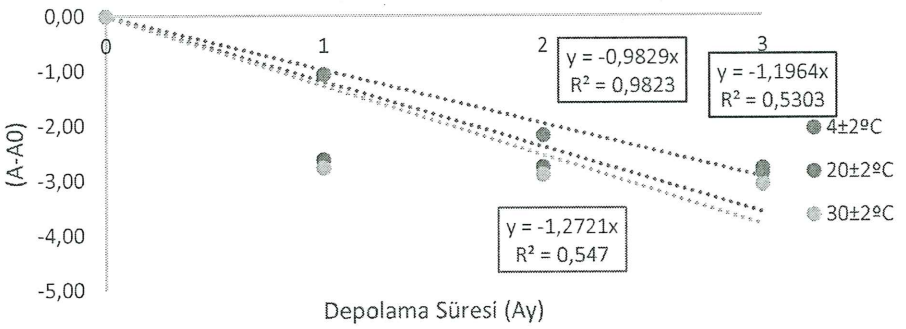
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0825	0.949
20±2	0.0961	0.8397
30±2	0.105	0.9011

EK-48- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları için Aktivasyon Enerjisi



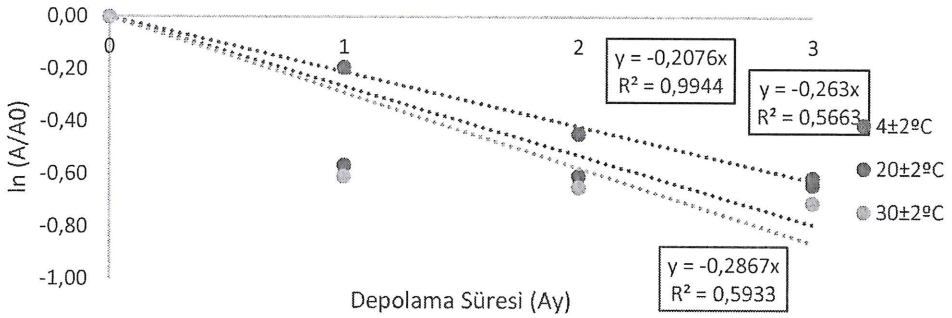
EK-49- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Karotenoid İçeriği için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Karotenoid İçeriği için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



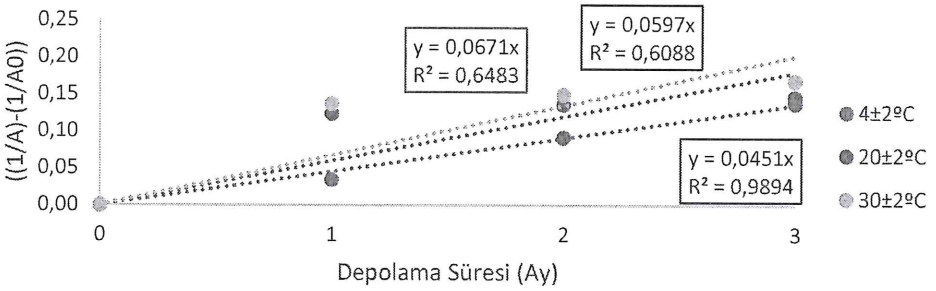
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.9829	0.9823
20±2	1.1964	0.5303
30±2	1.2721	0.547

Toplam Karotenoid İçeriği için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2076	0.9944
20±2	0.263	0.5663
30±2	0.2867	0.5933

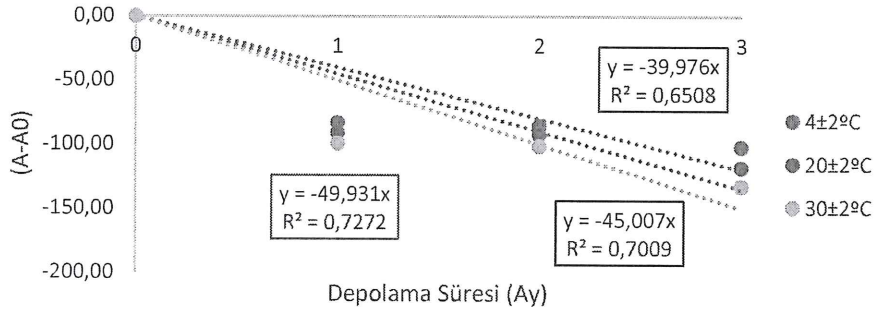
Toplam Karotenoid İçeriği için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0451	0.9894
20±2	0.0597	0.6088
30±2	0.0671	0.6483

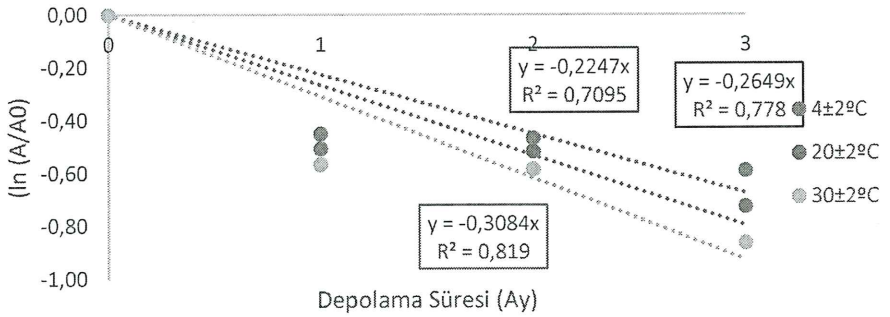
EK-50- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



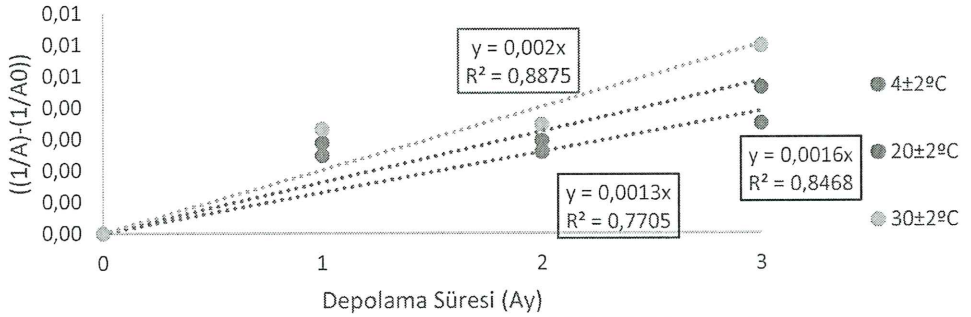
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	39.976	0.6508
20±2	45.007	0.7009
30±2	49.931	0.7272

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.2247	0.7095
20±2	0.2649	0.778
30±2	0.3084	0.819

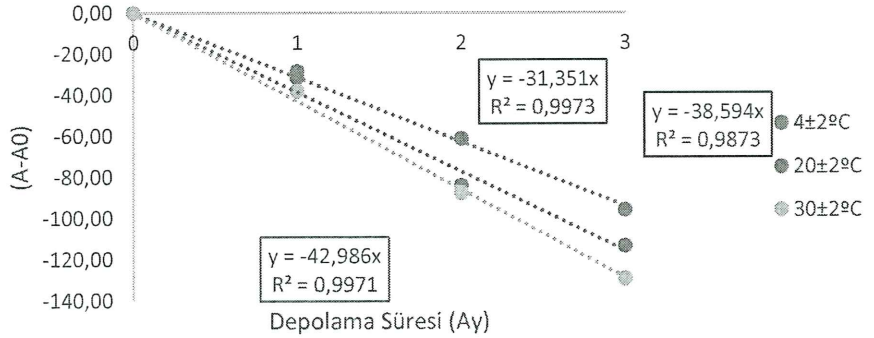
Toplam Fenolik Madde Miktarı için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0013	0.7705
20±2	0.0016	0.8468
30±2	0.002	0.8875

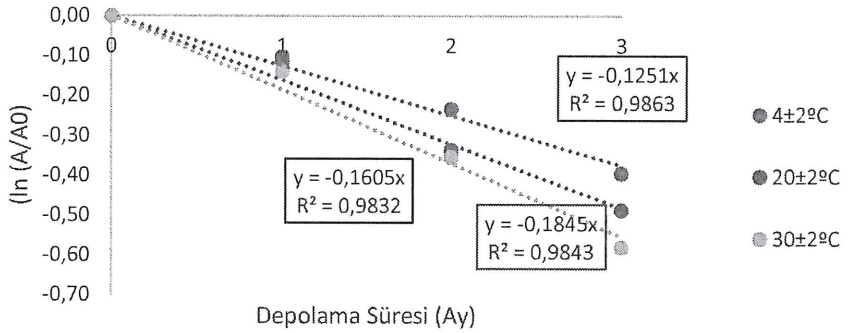
EK-51- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



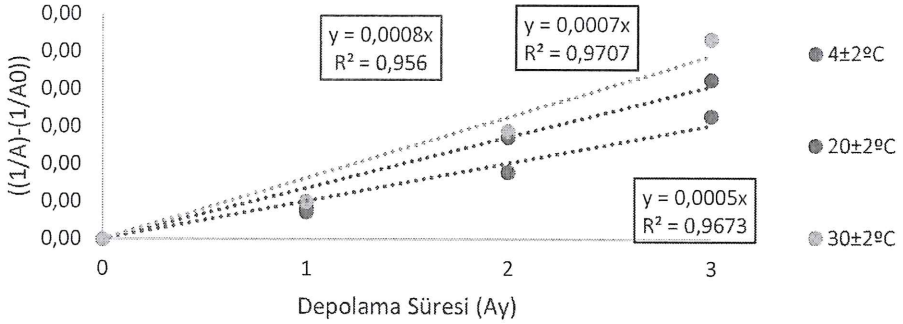
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	31.351	0.9973
20±2	38.594	0.9873
30±2	42.986	0.9971

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1251	0.9863
20±2	0.1605	0.9832
30±2	0.1845	0.9843

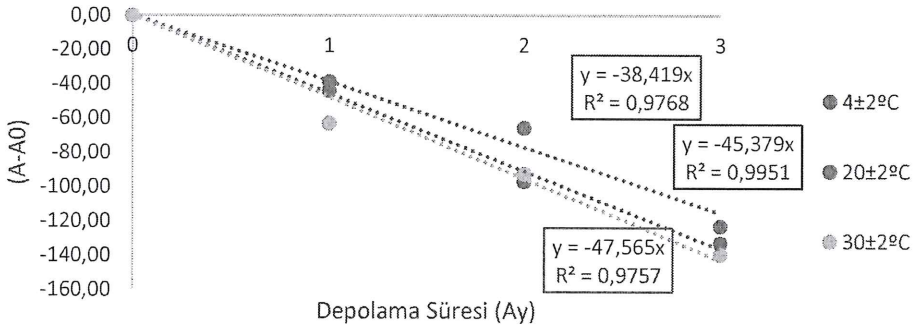
Toplam Fenolik Madde Miktarı 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0005	0.9673
20±2	0.0007	0.9707
30±2	0.0008	0.956

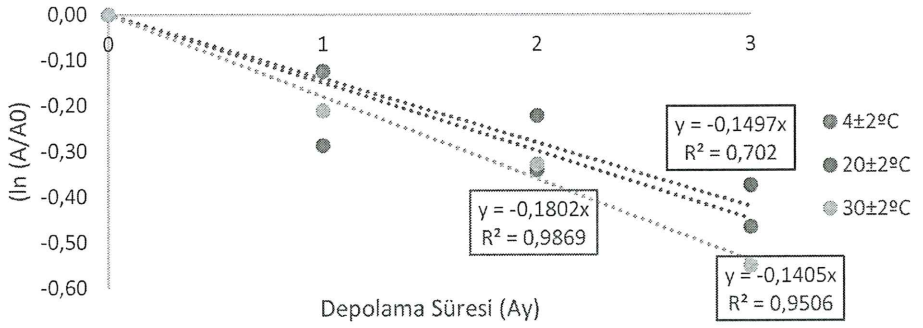
EK-52- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozları Depolama Toplam Fenolik Madde Miktarı için Reaksiyon Kinetiği

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 0. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



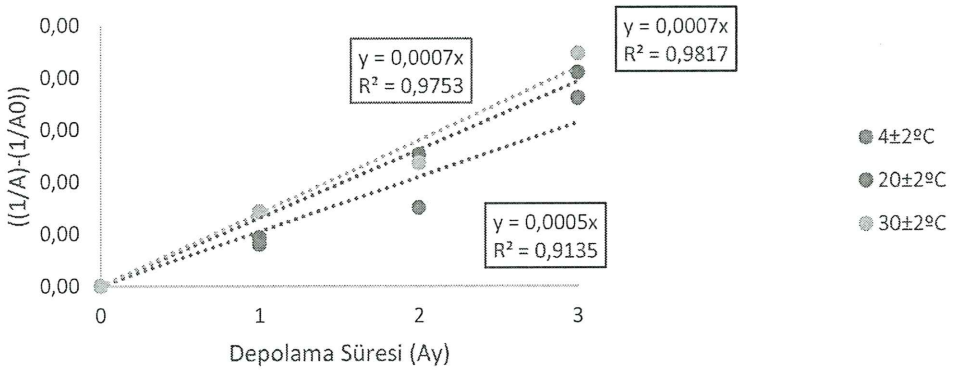
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	38.419	0.9768
20±2	45.379	0.9951
30±2	47.565	0.9757

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 1. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



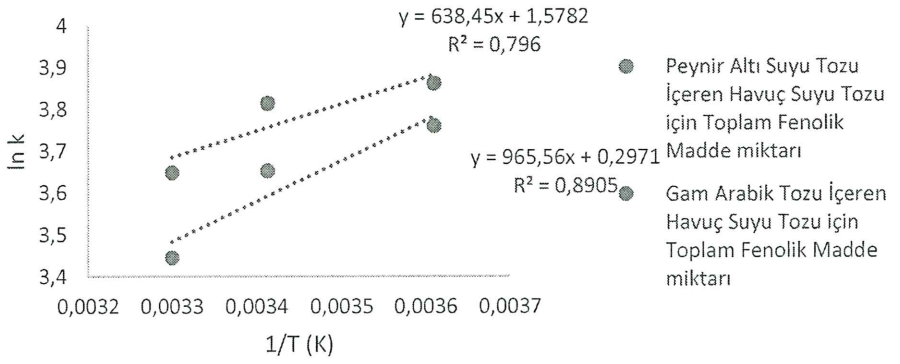
Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.1405	0.9506
20±2	0.1497	0.702
30±2	0.1802	0.9869

Toplam Fenolik Madde Miktarı için 2. Dereceden Reaksiyon Kinetiği



Sıcaklık (°C)	Reaksiyon Hız Sabiti (k)	R^2
4±2	0.0005	0.9135
20±2	0.0007	0.9817
30±2	0.0007	0.9753

EK-53- Toplam fenolik madde miktarı için Aktivasyon Enerjisi



EK-54- Maltodekstrin İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Renk	Gruplar Arasında	8,780	5	1,756	1,273	,283
	Gruplar İçinde	115.882	84	1.380		
	Toplam	124.662	89			
Koku	Gruplar Arasında	3.520	5	.704	.575	.719
	Gruplar İçinde	102.935	84	1.225		
	Toplam	106.455	89			
Kaşıkta Kıvam	Gruplar Arasında	4.349	5	.870	1.251	.293
	Gruplar İçinde	58.415	84	.695		
	Toplam	62.764	89			
Ağızda Kıvam	Gruplar Arasında	6.320	5	1.264	1.594	.171
	Gruplar İçinde	66.624	84	.793		
	Toplam	72.944	89			
Homojen Yapı	Gruplar Arasında	19.164	5	3.833	5.753	.000
	Gruplar İçinde	55.961	84	.666		
	Toplam	75.124	89			
Jelimsi Yapı	Gruplar Arasında	.000	5	.000	.	.
	Gruplar İçinde	.000	84	.000		
	Toplam	.000	89			
Lezzet	Gruplar Arasında	19.575	5	3.915	3.046	.014
	Gruplar İçinde	107.976	84	1.285		
	Toplam	127.551	89			
Yabancı Lezzet	Gruplar Arasında	59.815	5	11.963	4.912	.001
	Gruplar İçinde	204.593	84	2.436		
	Toplam	264.408	89			
Genel Begeni	Gruplar Arasında	24.771	5	4.954	3.691	.005
	Gruplar İçinde	112.740	84	1.342		
	Toplam	137.511	89			

EK-55- Peynir Altı Suyu Tozu İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Renk	Gruplar Arasında	7.789	5	1.558	1.424	.224
	Gruplar İçinde	91.867	84	1.094		
	Toplam	99.656	89			
Koku	Gruplar Arasında	7.567	5	1.513	1.578	.175
	Gruplar İçinde	80.533	84	.959		
	Toplam	88.100	89			
Kaşıkta Kıvam	Gruplar Arasında	6.489	5	1.298	2.014	.085
	Gruplar İçinde	54.133	84	.644		
	Toplam	60.622	89			
Ağızda Kıvam	Gruplar Arasında	7.033	5	1.407	1.741	.134
	Gruplar İçinde	67.867	84	.808		
	Toplam	74.900	89			
Homojen Yapı	Gruplar Arasında	6.622	5	1.324	2.324	.050
	Gruplar İçinde	47.867	84	.570		
	Toplam	54.489	89			
Jelimsi Yapı	Gruplar Arasında	5.556	5	1.111	1.037	.401
	Gruplar İçinde	90.000	84	1.071		
	Toplam	95.556	89			
Lezzet	Gruplar Arasında	25.389	5	5.078	4.975	.000
	Gruplar İçinde	85.733	84	1.021		
	Toplam	111.122	89			
Yabancı Lezzet	Gruplar Arasında	8.056	5	1.611	.883	.497
	Gruplar İçinde	153.333	84	1.825		
	Toplam	161.389	89			
Genel Begeni	Gruplar Arasında	27.200	5	5.440	4.945	.001
	Gruplar İçinde	92.400	84	1.100		
	Toplam	119.600	89			

EK-56- Gam Arabik İçeren Havuç Suyu Tozu Katkılı Dip Sosların Duyusal Analiz Sonuçlarının SPSS Sonuçları

ANOVA

		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Önem (Sig.)
Renk	Gruplar Arasında	4.489	5	.898	.602	.699
	Gruplar İçinde	125.333	84	1.492		
	Toplam	129.822	89			
Koku	Gruplar Arasında	2.889	5	.578	.518	.762
	Gruplar İçinde	93.733	84	1.116		
	Toplam	96.622	89			
Kaşıkta Kıvam	Gruplar Arasında	5.789	5	1.158	.970	.441
	Gruplar İçinde	100.267	84	1.194		
	Toplam	106.056	89			
Ağızda Kıvam	Gruplar Arasında	9.822	5	1.964	2.470	.039
	Gruplar İçinde	66.800	84	.795		
	Toplam	76.622	89			
Homojen Yapı	Gruplar Arasında	5.522	5	1.104	1.753	.132
	Gruplar İçinde	52.933	84	.630		
	Toplam	58.456	89			
Jelimsi Yapı	Gruplar Arasında	.000	5	.000	.	.
	Gruplar İçinde	.000	84	.000		
	Toplam	.000	89			
Lezzet	Gruplar Arasında	15.389	5	3.078	3.189	.011
	Gruplar İçinde	81.067	84	.965		
	Toplam	96.456	89			
Yabancı Lezzet	Gruplar Arasında	5.833	5	1.167	.498	.777
	Gruplar İçinde	196.667	84	2.341		
	Toplam	202.500	89			
Genel Begeni	Gruplar Arasında	21.122	5	4.224	4.126	.002
	Gruplar İçinde	86.000	84	1.024		
	Toplam	107.122	89			