

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ADAÇAYI YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTUCU İLE
ENKAPSÜLASYONUNA TAŞIYICI MALZEMELERİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra AYTEMUR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK

OCAK 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ADAÇAYI YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTUCU İLE
ENKAPSÜLASYONUNA TAŞIYICI MALZEMELERİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Esra AYTEMUR
(506131507)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK

OCAK 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506131507 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Esra AYTEMUR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Adaçayı Yağının Püskürtmeli Kurutucu ile Enkapsülasyonuna Taşıyıcı Malzemelerin Etkisi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Dilara NİLÜFER ERDİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Zeynep TACER CABA
İstanbul Aydın Üniversitesi

Teslim Tarihi : 25.11.2016
Savunma Tarihi : 26.12.2016

Aileme,

ÖNSÖZ

‘Adaçayı Yağının Püskürtmeli Kurutucu İle Enkapsülasyonuna Taşıyıcı Malzemelerin Etkisi’ konulu yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli görüş ve önerileri ile çalışmamı şekillendiren ve farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan danışmanım Sn. Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK’a ve Sn. Dr. Aslı CAN KARAÇA’ya tüm katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Aromsa A.Ş laboratuvarlarında gerçekleştirilen çalışmalarım için tüm teknik olanakların sunulmasını sağlayan ve desteklerini esirgemeyen başta Sn. Murat YASA olmak üzere, Sn. Doç. Dr. Mehmet AK’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Sn. Önder GÜZEL, Sn. Hakan BAŞKAYA, Sn. Pelin BAYRAMOĞLU, Sn. Melis KARAKAŞ ve Sn. Nuray DOĞAN ve ekibine ve bu süreçte her türlü desteği gösteren çalışma arkadaşlarım Sn. Burcu DİNÇTÜRK ve Sn. Merve GÜVEN’e çok teşekkür ederim.

Karşılaştığım tüm zorluklarda yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta eşim Emir Kenan AYTEMUR olmak üzere annem Yurdağül ELÇİN, babam Ercan ELÇİN ve ağabeyim Eralp ELÇİN’e sevgilerimi sunarım.

Ocak 2017

Esra AYTEMUR
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Esansiyel Yağlar.....	3
2.1.1 Adaçayı yağı	5
2.1.2 Adaçayı yağının kimyasal yapısı	8
2.2 Enkapsülasyon Prosesleri	9
2.2.1 Püskürtmeli kurutma	11
2.3 Esansiyel Yağların Enkapsülasyonu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	15
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1 Materyal	19
3.1.1 Analizlerde kullanılan malzemeler ve cihazlar	19
3.2 Metod	19
3.2.1 Emülsiyon hazırlanması	19
3.2.2 Püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsülasyon işlemi	20
3.2.3 Adaçayı yağının enkapsülasyonu için deneysel tasarım	20
3.2.4 Analizler	21
3.2.4.1 GC-MS analizi	21
3.2.4.2 Enkapsülasyon verimi	21
3.2.4.3 Nem	22
3.2.4.4 Su aktivitesi	23
3.2.4.5 Camsı geçiş sıcaklığı (Tg).....	23
3.2.4.6 İstatiksel analiz.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1 GC-MS Analizi	25
4.2 Nem Analizi	34
4.3 Su Aktivitesi (aw).....	35
4.4 Enkapsülasyon Verimi	36
4.4.1 Toplam yağ analizi ve yüzey yağı analizi	36
4.5 Tg Sıcaklığı Ölçüm Sonuçları	38
4.6 Optimum Koşulların Belirlenmesi ve Deneylerin Tekrarlanması.....	40
5. SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR

Em-Cap	: Modifiye nişasta
EY	: Esansiyel yağ
FAO	: Food and agricultural organisation
GA	: Gam arabik
GC-MS	: Gas chromatography - mass spectrometry
ISO	: International organisation of standardization
LA	: Linalyl acetate
LO	: Linalool
MD	: Maltodekstrin
SD	: Spray drying
Tg	: Camsı geçiş sıcaklığı
WHO	: Dünya sağlık örgütü
α-T	: Alfa terpineol

SEMBOLLER

a_w	: Su aktivitesi
A°	: Absorbsiyon
°C	: Derece
°B	: Briks
μ	: Mikro
%	: Yüzde
G	: Gram
p	: Önem derecesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Mikroenkapsülasyon proseslerine genel bakış.	12
Çizelge 3.1: Adaçayı yağının püskürterek kurutulmasının optimizasyonunda kullanılan bağımsız değişkenler ve seviyeleri.	20
Çizelge 3.2: Deney tasarımı.	21
Çizelge 4.1: Adaçayı yağının kimyasal kompozisyonu.	25
Çizelge 4.2: Toz ürünlerin kimyasal kompozisyonu.	26
Çizelge 4.3: Enkaspüle toz ürünlerin LA tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	27
Çizelge 4.4: Enkaspüle toz ürünlerin LO tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	29
Çizelge 4.5: Enkaspüle toz ürünlerin a-T tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	29
Çizelge 4.6: Enkaspüle toz ürünlerin LA/LO oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	30
Çizelge 4.7: Enkaspüle toz ürünlerin LA/a-T oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	31
Çizelge 4.8: Enkaspüle toz ürünlerin LO/ α -T oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	33
Çizelge 4.9: LA için kodlanmış denklem katsayıları.	34
Çizelge 4.10: LA/LO için kodlanmış denklem katsayıları.	34
Çizelge 4.11: LA/ α -T için kodlanmış denklem katsayıları.	34
Çizelge 4.12: Nem analizi sonuçları.	35
Çizelge 4.13: Su aktivitesi ölçüm sonuçları.	36
Çizelge 4.14: Toplam yağ analizi-yüzey yağı analizi-enkapsülasyon verimi-proses verimleri.	37
Çizelge 4.15: Enkaspüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.	38
Çizelge 4.16: Camsı geçiş sıcaklıkları (Tg).	39
Çizelge 4.17: Enkaspüle toz ürünlerin Tg sıcaklıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları.	39

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Adaçayı bitkisi ve yaprakları.....	5
Şekil 2.2 : Enkapsülasyon tipleri- a) rezervuar tipi- b) matriks tipi- c) kaplanmış matriks tipi.....	10
Şekil 2.3 : Buchi B-290 mini püskürtmeli kurutucu.....	13
Şekil 4.1 : LA tutma oranlarına göre model grafiği.....	28
Şekil 4.2 : LA tutma oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.....	28
Şekil 4.3 : LA/LO oranlarına göre model grafiği.	30
Şekil 4.4 : LA/LO oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.	31
Şekil 4.5 : LA/a-T oranlarına göre model grafiği.	32
Şekil 4.6 : LA/a-T oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.	33

ADAÇAYI YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTUCU İLE ENKAPSÜLASYONUNA TAŞIYICI MALZEMELERİN ETKİSİ

ÖZET

Tüketiciler gıdaların daha lezzetli, daha sağlıklı ve kolay tüketilebilir olmasını tercih etmektedir. İnsanlar gıdaları sadece açlıklarını yatıştırmak amacıyla değil, fiziksel ve mental olarak sağlıklı olmak ve beslenme kaynaklı hastalıkların önüne geçmek için tüketmektedirler. Bu eğilim, gıda araştırmacılarını ve üreticilerini insanların sağlıklı beslenmelerini sağlayacak gerekli araştırmalara daha çok yönelmesini desteklemektedir. Tüketicilerin bu taleplerinin sağlanması amacıyla gıda endüstrisinde kullanılan ve geliştirilen bir çok yeni teknoloji bulunmaktadır. Bu yeni teknolojilerden enkapsülasyon işlemi gıdaların aktif bileşenlerinin korunması, stabilizasyonu ve yavaş salınımı için kullanılan ve tüketicilerin taleplerinin karşılanmasında kullanılan yeni bir teknolojidir.

Esansiyel yağlar, çözücü ekstraksiyonu, presleme ve buhar distilasyonu yöntemleriyle elde edilen uçucu yağlardır. Bu yağlar gıda endüstrisinde aroma vericileri kullanan ya da aroma vericileri üretenler için çok önemli ve değerli kaynaklardır. Esansiyel yağların; aroma verici özelliklerinin yanı sıra antioksidan (oksidasyonu yavaşlatıcı/önleyici), antimikrobiyal (mikrobiyal gelişimi önleyici), antienflamatuar (inflamasyonu azaltıcı) ve antikanserojen (kanseri gelişimini önleyici) aktivite gibi pek çok fonksiyonel özelliğe de sahip oldukları bildirilmektedir.

Esansiyel yağların çeşitliliği sıcaklık, bitkinin yetiştiği toprağın şartları ve bitkinin yetiştiği yüksekliğe göre farklılık gösterir. Esansiyel yağlar bütünüyle yağlı bileşenler değildir, kısmen suda çözünürler, kolay alevlenirler, alkolde çözünürler ve insan vücudu tarafından kolayca emilirler. Doğal gıdalar olarak dikkat çekerler ve genel olarak güvenli olarak kabul edilirler.

Adaçayının gıda biliminde kullanım alanlarına bakıldığında antik çağlardan beri baharat olarak çok büyük kullanımının olduğu görülür. Farklı adaçayı türlerinin birçok biyolojik aktivitesi ve antimikrobiyal, antioksidan, antienflamatuar, antifungal, antiplasmodial, hipoglisemik ve antikanserojen etkileri kanıtlanmıştır. Ayrıca adaçayının endemik türleri esansiyel yağ asidi kaynağı olarak yetiştirilen aromatik bitkilerdir. Ek olarak adaçayı doğal antioksidan olarak gıda endüstrisinde ticari öneme sahiptir.

Adaçayı yağı gibi esansiyel yağların en önemli problemi oksidatif bozulmaya yüksek duyarlılığı ve istenmeyen koku ve aromalarının oluşumudur. Bu yağların bir yerden bir yere taşınırken, proses sırasında ve depolama süresi boyunca dikkatle korunmaları gerekmektedir.

Bu gibi yağların çevresel ve proses koşullara dayanıklı olması enkapsülasyon yöntemleri ile mümkün olmaktadır. Püskürtmeli kurutma prosesi bu yağların ve aromaların enkapsülasyonu için yaygın olarak kullanılan bir prosestir.

Enkapsülasyon işlemi gıdaların özellikle raf ömrünü arttırmak, besin değerini yükseltmek, sindirilebilirliği sağlamak, olgunlaşma süresini kısaltmak gibi birçok amaçlarla uygulanmaktadır. Örneğin bu teknoloji ile gıdaların tat ve aromalarında farklılaşmayı, kötü tatların ve kokuların maskelenmesi, gıda bileşenlerinin stabilitelerinin sağlanması ve biyoyararlılığının artırılmasına fırsat sağlamaktadır. Esansiyel yağların enkapsülasyon işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, esansiyel yağın doğal kompozisyonunun enkapsülasyon işleminden sonra korunmasıdır.

Enkapsülasyon işleminde kaplama materyalleri olarak genellikle modifiye nişastalar, proteinler, gamlar, lipidler veya bu maddelerin çeşitli kombinasyonundan yararlanılır. Gıda bileşenlerinin enkapsülasyon metotları; püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yatakta kaplama, ekstrüzyon, kokristalizasyon, moleküler kalıntı ve kümeleme'dir.

Bu çalışmada, adaçayı yağının, püskürtmeli kurutma yöntemi ile maltodekstrin, modifiye bir nişasta olan em-cap ve akasya gamı gibi farklı kaplama malzemelerinin birbirinden farklı oranlarda kullanılarak, enkapsülasyonu sağlanmıştır ve adaçayı yağının kimyasal yapısını en iyi koruyacak formülasyona ulaşmak amaçlanmıştır. Adaçayı yağının doğal yapısını en iyi koruyan formülasyonda deneyler tekrar edilerek sonuçların optimizasyonu sağlanmıştır. En uygun formülasyona ulaşmak için elde edilen toz ürünlerin nem, su aktivitesi, enkapsülasyon verimi gibi değerleri karşılaştırılmıştır. Her bir deney setine ait örneklerin camsı geçiş sıcaklıkları (T_g) ölçülmüştür. Ayrıca GC-MS kullanılarak adaçayı yağının püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyon işleminden önce ve sonra kimyasal yapısı analiz edilerek adaçayı yağının ana bileşenleri olan linalyl acetate, linalool ve α -terpinol tutma oranları karşılaştırılmıştır.

Enkapsüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimleri %94,1 ve %98,6 aralığında değişmektedir. Camsı geçiş sıcaklıkları (T_g) 54,9 °C ve 87,6 °C arasında değişmektedir. Değerler karşılaştırıldığında hepsi oda sıcaklığından yüksek değerlerdir. nem miktarları 0,8 ile 1,7 aralığında, su aktivitesi (a_w) değerleri 0,11-0,2 aralığında değişmektedir. Optimum koşullarında *Salvia Sclarea* cinsi adaçayı yağının doğal yapısına en yakın olacak şekilde enkapsüle edildiği formülde adaçayı yağı %8, su %52, maltodekstrin %38 ve gam arabik %2 oranında kullanılmıştır. Buna göre enkapsülasyon işleminde belirlenen koşullarda adaçayı yağının doğal yapısını en iyi koruyan duvar malzemelerinin maltodekstrin ve akasya gamı olduğu gözlenmiştir.

THE EFFECTS OF DIFFERENT COMBINATION OF WALL MATERIALS TO ENCAPSULATION OF CLARY SAGE OIL WITH SPRAY DRYER

SUMMARY

Consumers prefer foods to be tastier, healthier and easier to consume. People consume food not only to calm their hunger, but to be physically and mentally healthy and to prevent nutritional diseases. This trend encourages food researchers and producers to focus more on the necessary research to ensure that people are fed healthy. There are many new technologies that are used and developed in the food industry in order to provide these demands of the consumers. Encapsulation is a new technology used for the protection, stabilization and controlled release of the active ingredients of foods and for meeting consumer demands. Encapsulation is a new technology used for the protection, stabilization and slow release of the active ingredients of foods and used to meet consumer demands.

Essential oils are obtained by solvent extraction, pressing and steam distillation methods. These oils are very important resources for those who use flavorings or produce flavorings in the food industry. Essential oils have antioxidants effects, antimicrobial effect, anti-inflammatory and anticarcinogenic activities as well as aromatizing properties. The diversity of essential oils varies according to temperature, plant conditions and plant height. Essential oils are not entirely oily components, they are partially soluble in water, easily flammable, soluble in alcohol and easily absorbed by the human body. They attract attention as natural foods and are generally regarded as safe.

The areas of use of essential oils vary depending on the source, quality and methods of obtaining. They are used in perfumes, cosmetics, soups and shampoos. In addition to these, they are used in the food industry for the production of sweetened products such as alcoholic and non-alcoholic beverages due to their antibacterial, antifungal, antiviral, nematocide, insecticide and antioxidant properties. In addition that when we look at the usage areas of sage in food science, it is seen that since ancient times it has been used as a spice. Several biological activities of different sage species and antimicrobial, antioxidant, antiinflammatory, antifungal, antiplasmodial, hypoglycemic and anticancer effect have been proven. In addition, the endemic species of the sage are aromatic plants grown as an essential fatty acid source. In addition, sage has commercial preservation in food industry as natural antioxidant.

The most important problem of essential oils such as sage oil is the high sensitivity to oxidative deterioration and the formation of unwanted odors and aromas. When transporting these oils from one place to another, care must be taken during processing and throughout the storage period.

The use of microencapsules in food products ensures that foods are healthier, tastier and more usable. This has increased the demand for microencapsules in recent years.

Encapsulation methods enable such oils to withstand environmental and process conditions. Spray drying process is a commonly used process for the encapsulation of these oils and aromas. The most important point to note in the encapsulation process of essential oils is that the natural composition of the essential oil is preserved after the encapsulation process. In the literature 39 components of *Salvia sclarea* essential oil composition have been reported. The most important components of clary sage oil are linalyl acetate, linalool and α -terpineol.

Encapsulation methods of food components; spray drying, freeze drying, fluid bed coating, extrusion, cocrystallization, molecular residue and clustering. Encapsulation is applied to foods in many ways, such as increasing the shelf life, increasing the nutritional value and providing digestibility. For example, with this technology, the differentiation in taste and flavor of food, the masking of bad tastes and smells, the provision of the stability of food ingredients and the increased bioavailability are provided. Essential oils can be used as an alternative to synthetic antioxidants in order to delay the oxidation of oils in various food products and prolong the shelf life of the product.

The encapsulation process is in which the active ingredients are entrapped in the carrier materials. In this way, it is ensured that consumers can easily access food items in time and place. The encapsulation process is used for many purposes such as increasing the shelf life, increasing the nutritional value, digestibility, shortening the ripening period. For example, with this technology, the differentiation in taste and flavor of food, the masking of bad tastes and smells, the provision of the stability of food ingredients and the increased bioavailability are provided. The encapsulation process generally utilizes modified starches, proteins, gums, lipids, or various combinations of these materials as coating materials.

Spray drying is one of the oldest methods of encapsulating active materials. In the spray drying process, the emulsion is formed by dissolving the active ingredients and the carrier materials in an aqueous solution, followed by atomization of the mixture into the hot chamber. During this process, the film is formed on the droplet surface. The evaporation of larger active compounds is delayed by evaporating smaller water molecules. The carrier material used in spray drying should meet the requirements of active ingredient protection, high solubility in water, molecular weight, vitrification, crystallinity, dispersion, good film forming properties, good emulsifying properties and low cost. Carriers which are used in this methods are natural gums (gum arabic, alginates, carrageenans), proteins (milk proteins, soy proteins, gelatins), carbohydrates (maltodextrin and cellulose derivatives) and oils (waxes and emulsifiers). Microcapsules obtained by conventional spray drying provide the active ingredients as soon as they come into contact with the water.

Spray drying is the most common method used for microencapsulation of oils and aromas. The products in powder form that are formed as a result of the process have high quality and low water activity. In addition, it provides easy handling and storage, and protects the active ingredients from undesirable reactions. The characteristics of carrier materials and prepared emulsion (stability, viscosity and size of droplets) in the spray drying process affect the process efficiency and the stability of the microcapsule product. In order to obtain a product with a successful microcapsule, it is necessary to keep the minimum amount of surface oil and the active material maximum.

The most commonly used coating material in the microencapsulation method by spray drying is the arabic gum. Gum arabic has many desirable properties such as high solubility, low viscosity and good emulsifying properties which enable it to be a good encapsulated agent and can be combined with different wall materials due to the problems encountered in the supply and the continuously increasing prices. Maltodextrin is a hydrolyzed starch with a suitable cost and high water solubility (> 75%). It has the advantages of low cost, lack of specific flavor and taste, low viscosity and good protection against oxidation. Despite all these advantages, the biggest problem with maltodextrin is its low emulsion formation capacity. Combinations of surface active polymers such as gum arabic, modified starch and proteins may be preferred as carrier materials to obtain effective microcapsules by spray drying.

In this study the effects of maltodextrin, arabic gum and modified starch which is Em-Cap as an encapsulating agent on spray dried clary sage oil (*salvia sclarea*) was studied. In addition that this study aimed at evaluating the potential of maltodextrin combination with different wall materials in the microencapsulation of clary sage oil by spray drying in order to maximize encapsulation efficiency and glass transition temperature (T_g). Maltodextrin was mixed with gum arabic and modified starch em-cap. In the spray dried samples, encapsulation efficiency, moisture content and water activity (a_w), chemical structure (GC-MS) and glass transition temperature (T_g) were studied. In addition, the content of sage oil before and after the encapsulation process was analyzed using GC-MS. The retention rates of linalyl acetate, linalool and α -terpineol the main constituents of sage oil in powder products, were compared.

Encapsulation efficiencies of encapsulated powder products vary between 94.1% and 98.6%. Glass transition temperatures (T_g) range from 54.9 ° C to 87.6 ° C. When values are compared, they are all higher values than room temperature. Moisture values vary between 0.8 and 1.7, while water activity (a_w) values vary between 0.11-0.2. In the determined experiment conditions, sage oil was used in the form of 8%, water 52%, maltodextrin 38% and gum arabic 2% in the form in which the *Salvia Sclarea* sage oil was encapsulated to be closest to the natural structure. According to this, it is observed that the wall materials which protect the natural structure of sage oil, encapsulate sage oil in the determined conditions are maltodextrin and gum arabic.

It is thought that the products obtained as a result of this study can be used in the confectionery industry. In particular, the unique smell and taste of sage oil will lead consumers to this product. However, applicability in the gum industry is very high. Thanks to the antimicrobial properties of sage oil, encapsulated powder products are thought to regulate intraoral flora which is a desirable feature in the gum industry. In addition, a product with flavor and smell that will be enjoyed by consumers will be obtained. Applicability is also available in industries such as baked goods, biscuits, cakes, and chocolate. The powder products obtained will have a wide use area in the pharmaceutical industry, cosmetics industry and perfume industry thanks to its predominantly pleasant aroma and odor character.

1. GİRİŞ

Değişen ve gelişen yaşam şartları ve insanların ‘sağlıklı beslenme’ algısının artması ile birlikte, son yıllarda gıda endüstrisinde tüketicilerin sağlıklı gıda üzerinde talepleri önemli ölçüde artmıştır. İnsanlar gıdaları sadece açlıklarını yatıştırmak amacıyla değil, fiziksel ve mental olarak sağlıklı olmak ve beslenme kaynaklı hastalıkların önüne geçmek için tüketmektedirler. Bu eğilim, gıda araştırmacılarını ve üreticilerini insanların sağlıklı beslenmelerini sağlayacak gerekli araştırmalara daha çok yönelmesini desteklemektedir (Turasan ve diğ., 2015). Tüketicilerin bu taleplerinin sağlanması amacıyla gıda endüstrisinde kullanılan ve geliştirilen bir çok yeni teknoloji bulunmaktadır. Yeni teknolojiler özellikle gıdaların aktif bileşen bozulmalarını engellemeye odaklanmıştır. Bu da aktif bileşenlerin gelişmiş tekniklerle kaplanması fikrine dayanır. Bazı kaplama teknikleri mikroenkapsülasyon, yenilebilir filmler ile kaplama ya da vakum impregnasyon olarak sıralanabilir (Turasan ve diğ., 2015).

Bir çok gıda, aromatik özelliklerini, miktarları milyonda bir ve milyarda bir arası değişebilen kimyasal bileşenlerden alırlar. Dünya üzerinde çoğu bölgede yer alan bitki cinsleri ve bunların türevleri, diğerlerinden çok daha fazla miktarlarda aromatik bileşen içerebilirler. Bu tür kokulu bitki ve baharatlar gıdaların tadını ve lezzetini artırmak amacıyla, bugün olduğu gibi geçmişte de kullanılmıştır (Bayrak, 2006).

Salvia türleri *Lamiaceae* familyasından olup, 900 türden oluşmuştur ve bu türlerden 88 tanesi Türkiye’de yetiştirilmektedir (Nencini ve diğ., 2006). Türkiye’de yetişen 88 türün 43’ünü endemik türler oluşturmaktadır. Bu türlerden bazıları tatlandırıcı olarak, bazıları tıp alanında bazıları ise içecek olarak tüketilmektedir (Lu ve diğ., 2002). Örneğin Türkiye ve Dünyanın farklı bölgelerinde adaçayı; karın ağrısını azaltmak, karaciğeri korumak, romatizma ağrılarını hafifletmek ve gribin etkilerini azaltmak amacıyla bitki çayı olarak tüketilmektedir (Kutlu, 2015). Ayrıca adaçayının endemik türleri esansiyel yağ asidi kaynağı olarak yetiştirilen aromatik bitkilerdir. Farklı Salvia türlerinin birçok biyolojik aktivitesi ve antimikrobiyal, antioksidan,

antienflamatuar, antifungal, antiplasmodial, hipoglisemik ve antikanserojen etkilerinin olduğu raporlanmıştır (Esmaeili ve Sonboli, 2010; Gürsoy ve diğ., 2012; Kamatou ve diğ., 2008). Adaçayı diüretik, antienflamatuar, antimikrobiyal, antiseptik, balgam söktürücü etkileri nedeniyle insanlar tarafından kullanılır. Geçmişte vebaya karşı kullanılan adaçayı günümüzde ayrıca sedatif, antimikrobiyal, antioksidan, antit mor, antihipertansif, terleme, koroner kalp rahatsızlığı, kronik bronşit, astım, kronik böbrek yetmezliği, siroz ve uykusuzluk gibi birçok klinik durumlarda kullanılır (Altindal ve diğ., 2016).

Bu çalışmada, adaçayı yağının, püskürtmeli kurutma yöntemi ile maltodekstrin, Em-cap ve arabik gam gibi farklı kaplama malzemelerinin birbirinden farklı oranlarda kullanılarak, enkapsülasyonu ve en verimli formülasyona ulaşılması amaçlanmıştır. En uygun formülasyona ulaşmak için elde edilen toz ürünlerin antioksidan aktivitesi, nem miktarı, su aktivitesi, enkapsülasyon verimi ve Tg sıcaklıkları incelenmiştir. Ayrıca GC-MS kullanılarak adaçayı yağının enkapsülasyon işleminden önce ve sonra içeriği analiz edilmiştir. Toz ürünlerde adaçayı yağının ana bileşenleri olan linayl acetate, linalool ve α -terpineol tutma oranları ve bu bileşiklerin birbirleri arasındaki oranları karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Esansiyel Yağlar

Esansiyel yağlar bitkilerin yapraklarından elde edilen, içeriğinde uçucu bileşenler bulunan ikincil metabolitlerdir. Myrtaceae, Lauracea, Lamiaceae ve Asteraceae ailelerine ait esansiyel yağlara sahip 17,500 bitki türü bilinmektedir (Park ve diğ., 2016).

Esansiyel yağlar koku içeren ya da kokusuz madde veya maddelerin karışımı olarak tanımlanan normal koşullar altında uçucu olan saf bileşiklerdir (Rios, 2016). Esansiyel yağ içeren baharatlar gıdalarda sadece lezzeti artırmak amacıyla değil gıdaları koruma amacı ile de kullanılırlar. Esansiyel yağlar antimikrobiyal özellik gösteren terpenoit hidrokarbonlar, alkoller, aldehidler, ketonlar, fenolik bileşenler ve onların türevlerine sahiptirler (Radaelli ve diğ., 2015).

Bir çok bitkiden çözücü ekstraksiyonu, presleme ve buhar distilasyonu yöntemleriyle elde edilen uçucu yağlar, aroma vericileri kullanan ya da aroma vericileri üretenler için çok önemli ve değerli kaynaklardır. Bu ürünlere bitkiler belirgin ve teşhiste rol oynayan kokularını verirler. Bu kokular bitki türüne, çevresel koşullara, iklim ve toprak şartlarına, hasat zamanına ve hasattan sonraki süreçteki bakım ve muhafaza koşullarına göre değişen organik maddelerin kompleks bir karışımıdır (Bayrak, 2006).

Esansiyel yağlar dört grup kimyasal maddeden meydana gelmiştir;

→Genel formülü $(C_5H_8)_n$ olan terpenler

→Oksijenli terpenoit türevleri

→Benzenoit yapıdaki bileşenler

→Azot ve/veya kükürt içeren bileşikler. Bu bileşikler bitkinin gelişim döneminde sentezlenir ve esansiyel yağların kimyası, genellikle üretildiği bitkiye özgü olur. Belli bir uçucu yağda bulunan kimyasal maddelerin oranı tahmin edilebilir sınırlar içinde değişir (Bayrak, 2006).

Esansiyel yağların; aroma verici özelliklerinin yanı sıra antioksidan (oksidasyonu yavaşlatıcı/önleyici), antimikrobiyal (mikrobiyal gelişimi önleyici), antienflamatuar (inflamasyonu azaltıcı) ve antikanserojen (kanser gelişimini önleyici) aktivite gibi pek çok fonksiyonel özelliğe de sahip oldukları bildirilmektedir (Wei ve diğ., 2011). Esansiyel yağların gıda ürünlerindeki en önemli fonksiyonel özellikleri antioksidan ve antimikrobiyal etki göstermeleridir.

Esansiyel yağların bileşiminde bulunan fenolik maddeler hidrojen verici olarak görev yaparak, serbest radikalleri yakalarak, indirgeyici ajan olarak veya tekli (singlet) oksijeni yakalayarak antioksidan etki göstermektedirler (Evans ve diğ., 1997). Esansiyel yağlar, çeşitli gıda ürünlerinde yağların oksidasyonunu geciktirip ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla sentetik antioksidanlar yerine alternatif olarak kullanılabilmektedirler.

Esansiyel yağların çeşitliliği sıcaklık, bitkinin yetiştiği toprağın şartları ve bitkinin yetiştiği yüksekliğe göre farklılık gösterir. Esansiyel yağlar bütünüyle yağlı bileşenler değildir, kısmen suda çözünürler, kolay alevlenirler, alkolde çözünürler ve insan vücudu tarafından kolayca emilirler. Doğal gıdalar olarak dikkat çekerler ve genel olarak güvenli olarak kabul edilirler. Daha önceden de tanımlandığı gibi esansiyel yağlar yapısında genelde sıvı ve bazen de katı bir çok bileşen bulundurur. Distile edildikten sonra oda sıcaklığında renksizden sarımsıya renk değişikliği gösterirler ve aromatik bir kokuya sahiptirler. Tarçın, karanfil ve sassafras yağı hariç suyun yoğunluğundan daha yüksek fakat genel olarak düşük yoğunluğa sahiptirler. Bununla birlikte çözünürlükleri organik solventlerde yüksek iken suda düşüktür (Jose, 2016).

Esansiyel yağların kullanım alanları kaynağına, kalitesine ve elde etme yöntemlerine göre farklılık gösterir. Parfüm, kozmetik, çorba ve şampuan endüstrilerinde kullanılırlar. Bunlara ek olarak gıda endüstrisinde, tanımlanan antibakteriyel, antifungal, antiviral, nematisid, böcek öldürücü ve antioksidan özellikleri nedeniyle şekerleme ürünlerinde, alkollü ve alkolsüz içecekler gibi aromalı gıdaların üretiminde kullanılırlar (Jose, 2016).

2.1.1 Adaçayı yağı

Adaçayı eski Latince’de şifalı ot olarak tanımlanmaktadır. Dünya çapında özellikle Akdeniz, Avrupa ve Kuzey Amerika’da yetişen *Lamiceae* ailesine ait bir bitki türüdür. Deniz kenarında, kalkerli yamaçlarda ve adalarda yetişen adaçayının anavatanı Akdenizdir. Adaçayı çeşitli isimlere sahiptir. En yaygın olanları bahçe adaçayı, altın adaçayı, mutfak adaçayı, dalmaçya adaçayı ve geniş yapraklı adaçayıdır (Altındal ve diğ., 2016).

Adaçayı çok eski bir tarihe sahiptir. Antik çağlardan beri adaçayı Mısırlılar, Yunanlılar ve Romalılar tarafından kullanılmıştır. Adaçayının dünya çapında 900 çeşidi vardır ancak sadece bir kaç türü ilaç sanayisinde hammadde olarak kullanılır. Türlerin geri kalan çoğu kötü kokuludur ve zehirli etkiye sahiptir (Altındal ve diğ., 2016).

Adaçayı eterik esansiyel yağ, thujone, cineole, linalool, borneol, salven, pinene, camphor, tannins, triterpene, flavonoidler, izoflavon ve reçineli bileşenleri içerir. Adaçayı ekstraktı %1-60 monoterpen, %0,4-3,5 triterpen ve %1,1 flavonoid içerir (Altındal ve diğ., 2016).

Adaçayı tohumlarının içerdiği aktif komponentlerden dolayı antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerine ilişkin araştırmalar gıda endüstrisi ve bilimsel araştırma çevrelerince de ilgi odağı olmuştur. Şekil 2.1’de adaçayı bitkisi ve yaprakları gösterilmiştir (Altındal ve diğ., 2016).



Şekil 2.1: Adaçayı bitkisi ve yaprakları.

Adaçayı yağı farklı farmakolojik etkilere sahip antioksidan, anti-inflamatuar ve antimutajenik faaliyetlere sahiptir. Ayrıca Alzhemier hastalığının tedavisine katkıda bulunur. Bunlara ek olarak inflamasyon, östrojenik ve yatıştırıcı etkilerinin olduğu raporlanmıştır (Mohammad, 2011).

Adaçayının gıda biliminde kullanım alanlarına bakıldığında antik çağlardan beri baharat olarak yaygın kullanımının olduğu görülmektedir. Şimdi olduğu gibi antik Mısırlılarda, Yunanlarda ve Romanlarda bu bitki yemeklerde yaygın olarak kullanılmıştır. Taze gıdaların ve et ürünlerinin raf ömürlerini artırmak amacıyla da kullanımı vardır. Hoş kokusu ve aroması sayesinde ciğer, kaz, tavuk ve av hayvanlarının pişirilmesinde kullanılır. İtalya köylüleri sağlıklarını korumak amacıyla bu bitkiyi ekmek ve tereyağıyla tüketirler. Ayrıca Hollanda peyniri yapımında da kullanılır. Çünkü adaçayı keskin ve bitter bir aromaya sahiptir. Bunlara ek olarak bisküvi, hamur işleri, kekler, peynir ve soslarına ilave edilebilir (Altındal ve diğ., 2016).

Aromatik, baharatlı, tıbbi özellik gösteren çoğu bitki, antioksidan özellik gösteren kimyasal bileşenleri içerirler. Doğal antioksidan kaynağı olan özellikle bitki fenolikleri bitkinin meyve, sebze, kabuk, çekirdek, yaprak ve kök gibi kısımlarında oluşabilir. Doğal esansiyel yağlar antioksidan aktiviteye sahiptir. Esansiyel yağlar bitkinin yaprak ya da çekirdek kısımlarından ekstrakte edilirler. Esansiyel yağlar parfüm, çorba ya da kremalarda aroma verici ya da koku verici olarak kullanılırlar. Literatürde çoğu aromatik ya da tıbbi bitkilerin ekstraksiyonu ve antioksidan aktiviteleri hakkında birçok çalışma mevcuttur (Wang ve diğ., 2008).

Adaçayı doğal antioksidan olarak gıda endüstrisinde ticari öneme sahiptir. Bazı araştırmacılar gıdalarda, doğal antioksidan kaynakları, fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitesi arasında sağlam bir ilişki olduğunu tespit etmiştir (Altındal ve diğ., 2016). Adaçayının antioksidan aktivitesi içeriğindeki fenolik bileşenlere bağlıdır. Bitkisel fenolik bileşiklerin flavonoidleri, sinamik asit türevleri, kumarinler, tokoferoller, fenolik asitler doğal antioksidanların en önemli grubunu oluşturur. Bu antioksidanlar gıdalarda bulunan çok çabuk oksitlenebilir bileşenleri oksidasyona karşı korur. Adaçayı antioksidan olarak kullanılan fenolik bileşiklerin en önemli kaynağıdır.

Yapılan bir çalışmada 45 çeşit esansiyel yağı DPPH serbest radikalleri süpürme kapasitesi ve toplam fenolik madde içeriklerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarında tarçın yaprağı ve karanfil esansiyel yağlarda DPPH serbest radikalleri süpürme kapasitesi ve toplam fenolik madde içeriklerinin en yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışmada *Salvia officinalis* cinsi adaçayı yağının DPPH aktivitesini %8,7 ve toplam fenolik madde içeriği 16 10 mg of GAE/g olarak bulunmuştur (Wang diğ., 2008).

Taze et ürünlerinin raf ömrünü kısaltan en önemli faktör oksidatif deformasyondur. Bu oksidatif deformasyonu engellemek amacıyla adaçayı gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabilir (Kenawi, 2012).

Adaçayı yağının soya proteini ile kıymanın raf ömrünü uzatması ve mikrobiyal kalitesini artırması üzerinde etkisinin araştırıldığı bir çalışmada kıymanın 7 gün boyunca 4 °C’de % 0,3-0,5 adaçayı yağının içerisinde tutulduğunda mikrobiyal kalitesinin ve raf ömrünün arttığı gözlenmiştir (Ahmet ve diğ., 2010).

Adaçayı yağının mayonez içerisinde kullanımı ile ekşime ve mikrobiyal bulaşının kontrolü ve depolama sırasında mayonezin kalitesinin ve raf ömrünün artırılmasında faydalı olabilir (Rasmy ve diğ., 2012).

Adaçayı yağıyla yapılan bir diğer çalışmada adaçayı yağı ile beslenen ve 70 °C’de pişirilen ve soğuk ortamda saklanan piliç etlerinde yağ oksidasyonu oluşumunun geciktiği gözlenmiştir (Lopez-Bote ve diğ., 1998). Soğutma işlemi boyunca adaçayı yağının ilave edildiği dana eti ve domuz etlerinde oksidasyonu azalttığı, ayrıca adaçayı yağının donmuş etlerde yağ oksidasyonunu geciktirdiği görülmüştür. (Simitzis ve diğ., 2008).

Adaçayı yağı gibi bitkisel yağlar antimikrobiyal etkiye sahiptir. Bazı çalışmalarda yumurtlayan tavukların yemlerinde adaçayı yağının kullanımının antioksidan ve kolesterol düşürücü etkisinin olduğu gözlenmiştir. Bu bilgilere göre adaçayı yağı hayvan yemi takviyesi olarak da kullanılabilir (Kahraman, 2009).

Adaçayı yağı gibi esansiyel yağların en önemli problemi oksidatif bozulmaya yüksek duyarlılığı ve istenmeyen koku ve aromalarının oluşumudur. Bu yağların bir yerden bir yere taşınırken, proses sırasında ve depolama süresi boyunca dikkatle

korunmaları gerekmektedir (Carneiro ve diğ., 2013). Bu gibi yağların çevresel ve proses koşullara dayanıklı olması enkapsülasyon yöntemleri ile mümkün olmaktadır.

Püskürtmeli kurutma prosesi yağların ve aromaların enkapsülasyonu için yaygın olarak kullanılan bir prosestir (Fuchs ve diğ., 2006; Ahn ve diğ., 2008; Bae ve diğ., 2008; Partanen ve diğ., 2008; Carneiro ve diğ., 2013). Bu proses ile elde edilen toz ürünler yüksek kalitede, düşük su aktivitesine sahip, kolay taşınabilir ve aktif materyali istenmeyen reaksiyonlara karşı koruyucudur. Başarılı bir mikro enkapsülasyonla elde edilen toz ürünler minimum yüzey yağına ve maksimum aktif malzeme tutulumuna sahip olmalıdır (Carneiro ve diğ., 2013).

Adaçayı yağının mikroenkapsülasyonu ve farklı duvar malzemelerinin adaçayı yağının enkapsülasyon verimi ve adaçayı yağının doğal yapısını en iyi koruyan duvar malzemeleri üzerine yayınlanmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

2.1.2 Adaçayı yağının kimyasal yapısı

Literatürde *Salvia sclarea* esansiyel yağ kompozisyonuna ait toplam 39 bileşen raporlanmıştır. Esansiyel yağın kompozisyonunun, 35 bileşeni (linalyl acetate, linalool, α -terpineol, germacrene D, geranyl acetate, geraniol, (E)-caryophyllene, neryl acetate, α -thujene, sclareol, nerol, methyl chavicol, myrcene, caryophyllene oxide, geranial, phytol, (E)- β -ocimene, manool, α -copaene, manool oxide, limonene, bicyclogermacrene, viridiflorol, neral, α -thujone, (Z)- β -ocimene, camphor, spathulenol, δ -cadinene, α -pinene, β -eudesmol, thymol, β -bourbonene, carvacrol ve linalyl formate) olarak tespit edilmiştir (Sharopov ve diğ., 2012). Tacikistan'da yetişen *Salvia sclarea* esansiyel yağının kompozisyonunu incelendiği bir çalışmaya göre kompozisyonun %94,2'sini oluşturan toplam 59 çeşit bileşen tanımlanmıştır. Ana komponentleri linalyl acetate (%39,2), linalool (%12,5), germacrene D (%11,4), α -terpineol (%5,5), geranyl acetate (%3,5) ve (E)-caryophyllene (%2,4) olarak raporlamışlardır (Sharopov ve diğ., 2012).

Salvia sclarea cinsi adaçayı yağının kompozisyonunun yaklaşık %50'sini oluşturan linalyl acetate, linalool bileşenlerinin antienflamatuvar etkileri literatürde incelenmiştir (Peano ve diğ., 2002). Linalool ve linalyl acetate, çeşitli aromatik türlerin uçucu yağlarının ana uçucu bileşenleri olduğu bildirilen monoterpen bileşikleridir. Linalyl acetate ve linalool bileşenlerinden oluşan baharatlar geleneksel

tıp alanında akut ve kronik rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Bu bitkilerin farmakolojik aktiviteleri linalool ve ester (linalyl acetate) gibi alkol miktarları ile ilgilidir (Peano ve diğ., 2002). Son yıllarda, linalool fareler üzerindeki psikofarmakolojik aktivitesi nedeniyle değerlendirilmiş ve merkezi sinir sistemi üzerinde belirgin doz bağımlı yatıştırıcı etkisinin olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca linaloolun bazı bakteri ve mantarlara karşı antibakteriyel özellikleri de raporlanmıştır (Carson ve diğ., 1995).

Çalışmalar sonucunda linalool ve ilgili asetatları içeren esansiyel yağların anti-inflamatuvar etkinlikte önemli bir rol oynadığını görülmüş olup, bu çalışma sonucunda linalool ve linalyl asetat içeren türlerin potansiyel olarak antiinflamatuvar ajanlar olduğunu düşündüren daha fazla kanıt sağlandığını görülmektedir (Peano ve diğ., 2002).

Kışniş yağı ve onun ana bileşeni linalool'un antibakteriyel, antibiyofilm ve antioksidan potansiyelinin varlığını belirtilmiştir. Ayrıca, linaloolün radikal bileşenlerini süpürme özelliğini ve peroksidasyon inhibisyon tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bu bileşenlerin sentetik antioksidanlara karşı potansiyel alternatifler olabileceğini göstermiştir. Ayrıca bu bileşenlerin gıda endüstrisinde kimyasal katkı maddeleri veya koruyucular kullanmadan gıda ürünlerinin raf ömrünü uzattığını ve gıda güvenliğini sağlayabileceğini önermişlerdir (Duarte ve diğ., 2016).

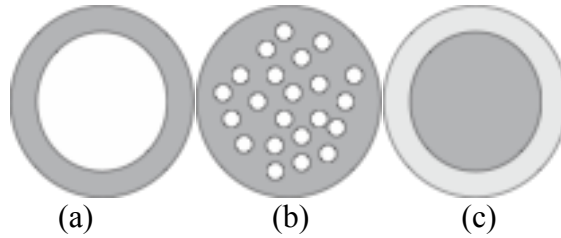
Yapılan bir diğer çalışmada linalool ve β -pinenin antidepresan benzeri aktiviteye sahip iki uçucu monoterpen olduğunu bildirmişlerdir. Bu bileşenler halk hekimliğinde endişe ve depresyonu hafifletilmesi için kullanılan maddelerin ana bileşenleridir. Ayrıca linalool merkezi sinir sistemine etki eden bir monoterpendir. Linaloolün hayvanlarda ve insanlarda antikonvülsan ve yatıştırıcı etkiler gösterdiği belirtilmiştir. (Guzman ve diğ., 2015).

2.2 Enkapsülasyon Prosesleri

Tüketiciler lezzetli, sağlıklı ve kullanışlı gıda ürünlerini tercih ederler. Enkapsülasyon işlemi aktif bileşenlerin taşıyıcı maddelerin içine hapsedildiği bir prosestir. Bu sayede tüketicilerin gıda maddelerine doğru zaman ve doğru yerde kolayca erişebilmeleri sağlanır. Bu teknoloji ile tat ve aroma farklılaşmasını, kötü tat ve kötü kokulu bileşenlerin maskelenebilmesini, gıda maddelerinin stabil olması ve

biyoyarlılıklarının artırılması sağlanır. Enkapsülasyon işlemi ayrıca fermentasyon ve metabolit üretimi gibi, gıda maddeleri ya da ürünlerinin üretiminde hücreleri ya da enzimleri hareketsiz kılınması için kullanılabilir (Zuidam ve diğ., 2010).

Enkapsüle edilen madde, çekirdek madde, aktif madde, dolgu, iç faz ya da yükleme fazı olarak adlandırılırken, enkapsüle edici madde, kaplama, zar, kabuk, taşıyıcı malzeme, duvar malzeme, dış faz ya da matriks olarak adlandırılır. Gıda ürünlerinin enkapsülasyonunda kullanılan taşıyıcı malzemelerin gıda üretimi için uygun ve aktif maddeyi çevreleyerek bariyer oluşturmaya uygun olmalıdır. Rezervuar tipi ve matriks tipi olmak üzere iki tür enkapsülasyon tipi vardır; Şekil 2.2’de enkapsülasyon tipleri gösterilmiştir (Zuidam ve diğ., 2010).



Şekil 2.2: Enkapsülasyon tipleri- a) rezervuar tipi- b) matriks tipi- c) kaplanmış matriks tipi

Enkapsüle ürünlerin partikül boyutlarına göre nanopartiküller, mikrokapsüller ve mikrorezervuar olarak tanımlanabilirler.

Gıda endüstrisinde mikrokapsüle edilmiş maddelerin faydaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Aktif maddenin kolaylıkla taşınması
- Gıda işleme sistemlerinde aktif maddenin hareketsizliğinin sağlanması
- Son üründe ve proses sırasında kararlılığın geliştirilmesi (uçucu maddelerin daha az buharlaşması, oksijen ya da su gibi bileşenlerle daha az bozulma ya da reaksiyon gerçekleşmesi)
- Güvenliğin geliştirilmesi (aroma gibi uçucu bileşenlerin yanabilirliğinin azaltılması)
- Görünür ve yapısal etkilerin oluşturulması
- Aktif bileşenlerin ayarlanabilir özellikleri (partikül boyutu, yapısı, yağda ya da suda çözünürlük, renk)
- Tat maskeleyme

- Kontrollü salınım

Bu sıralanan faydaların aşağıda sıralanan olumsuz etkilerin üstesinden gelmesi beklenir:

- İlave maliyet
- Üretim prosesi ya da tedarik zincirinin karmaşıklığının artması
- Enkapsüle ürünlerde istenmeyen tüketici bildirimleri
- Gıda ürünlerin üretimi ya da saklanması sırasında enkapsüle ürünlerin kararlılığı üzerindeki zorluklar

Bütün bu olumsuz etkilerden dolayı gıda formülasyonları oluşturulurken enkapsüle ürünler ilk tercih olarak seçilmemektedir.

Mikroenkapsüllerin, gıda ürünlerinde kullanımı gıdaların daha sağlıklı, daha lezzetli ve daha kullanılabilir olmasını sağlar. Bu da son yıllarda mikroenkapsüllere olan talebi artırmıştır. (Frost ve Sullivan, 2005).

Bir çok enkapsülasyon prosesi aktif malzemelerin gaz, sıvı ya da toz formda damlacıklar haline oluşturulmasına dayanır. Sonrasında bu damlacıklar farklı fiziko kimyasal işlemler yoluyla gaz ya da sıvı faz içinde taşıyıcı malzeme ile kaplanır (Zuidam ve diğ., 2010). Çizelge 2.1’de mikroenkapsülasyon proseslerine genel bir bakış sağlanmıştır (Zuidam ve diğ., 2010) .

2.2.1 Püskürtmeli kurutma

Püskürtmeli kurutma yöntemi aktif malzemelerin enkapsülasyonunda kullanılan en eski yöntemlerden birisidir. Püskürterek kurutma yönteminde, aktif bileşenler ile taşıyıcı malzemelerin sulu bir çözelti içerisinde eritilmesi ile emülsiyon oluşturulur ve ardından karışımın sıcak hazne içerisine atomize olarak püskürtülmesi sağlanır (Barbosa-Canovasve diğ., 2005). Bu proses süresince damlacık yüzeyinde film oluşturulur. Daha küçük su molekülleri buharlaştırılarak daha büyük aktif bileşiklerin buharlaştırılması geciktirilir.

Çizelge 2.1: Mikroenkapsülasyon proseslerine genel bakış.

Teknoloji	Proses Adımları	Morfoloji	Dolum (%)	Partikül Boyutu (µm)
Püskürtmeli Kurutma	1. Aktif bileşeni sulu kaplama çözeltide dağıtma ve çözme 2. Atomizasyon 3. Kurutma	Matriks	5-50	10-400
Akışkan Yatak Kurutma	1. Aktif bileşeni akışkan hale getirme 2. Püskürtmeli kaplama 3. Kurutma ya da soğutma	Rezervuar	5-50	5-5,000
Püskürterek dondurma/soğutma	1. Aktif bileşeni ısıtılmış yağ solüsyonunda dağıtma yada çözme 2. Atomizasyon 3. Soğutma	Matriks	10-20	20-200
Ekstrüzyon	1. Kaplama malzemelerinin eritilmesi 2. Aktif malzeminin kaplama malzemesinin içerisinde dağıtma ya da çözme 3. İkiz vida ekstrüzyonda ekstrüde etme 4. Soğutma	Matriks	5-40	300-500
Koeservasyon	1. Yağda çözünür aktif bileşeni yağ fazı içerisinde emülsiyon oluşturma 2. Türbülans altında karıştırma 3. Üç bağımsız faz oluşturma 4. Soğutma	Rezervuar	40-90	10-800
Dondurarak ya da vakum kurutma	1. Aktif bileşeni ve kaplama materyalini su içerisinde çözme 2. Örneği dondurma 3. Düşük basınçta kurutma 4. Öğütme (opsiyonel)	Matriks	Çeşitli	20-5,000

Gıda endüstrisinde püskürtmeli kurutmada genellikle yüksek basınç memesi veya santrifüj çarkı (aynı zamanda döner atomizer olarak da adlandırılır) ile beslenmesiyle atomize edilir ve aşırı ısınmış hava ile partiküllerin karşı akımı ile çalışır. Eğer bileşenler ya da uçucu bileşenler ısıya duyarlı ise bu ikinci aşama önemlidir. Şekil 2.3’de Buchi B-290 mini püskürtmeli kurutucu gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Buchi B-290 mini püskürtmeli kurutucu.

Püskürtme, damlacıkların boyutları yüzey gerilimine ve sıvının viskozitesine, püskürtücü boyunca basınç düşüşüne ve spray hızına bağlıdır. Püskürtme damlacıklarının büyüklüğü, kuruma süresini ve partikül büyüklüğünü belirler. Hava giriş sıcaklığı (150-220 °C), akış hızı, besleme oranı, besleme sıcaklığı, buharlaşmalı soğutma ile kontrol edilerek damlacık sıcaklığının 100 °C’yi aşmaması sağlanmalıdır. Bu sıcaklık genellikle 50-80 °C hava çıkış sıcaklığı olarak belirtilir.

Kurutma işlemi boyunca damlacık yüzeyinde bir film oluşur, damlacıkların kurumasında bileşenlerin konsantrasyonu artar (Zuidam ve diğ., 2010).

Kullanılan taşıyıcı malzeme, aktif bileşeni korumalı, su içinde yüksek çözünürlükte olmalı, moleküler ağırlık, camlaşma, kristallik, dağılım, iyi film yapma özellikleri, iyi emülsiyon oluşturma özelliğe ve düşük maliyet gibi özellikleri karşılamalıdır (Gharsallaoui ve diğ., 2007). Taşıyıcı malzeme olarak doğal gıdalar (gam arabik, aljinatlar, karragenanlar), proteinler (süt proteinleri, soya proteinleri, jelatinler), karbonhidratlar (maltodekstrin ve selüloz türevleri) ve yağlar (vakslar ve

emülgatörler) kullanılır. Geleneksel püskürtmeli kurutucuyla elde edilen kapsüller suyla temas eder etmez aktif bileşenlerini salarlar.

Püskürtmeli kurutma yöntemi yağların ve aromaların mikroenkapsülasyonunda kullanılan en yaygın yöntemdir. Proses sonucu oluşan toz formdaki ürünler yüksek kalite ve düşük su aktivitesine sahiptir. Bunlara ek olarak kolay taşınma ve depolama olanağı sağlar ve aktif bileşenleri istenmeyen reksiyonlara karşı korur. Püskürtmeli kurutma yönteminde taşıyıcı malzemeler ve hazırlanan emülsiyonun özellikleri (kararlılık, vizkozite ve damlacıkların boyutu) proses verimini ve mikroenkapsüle ürünün kararlılığını etkilemektedir. Başarılı bir mikroenkapsüle ürün elde etmek için yüzey yağı minimum ve aktif malzemenin maksimum tutulması gerekmektedir. (Carneiro ve diğ., 2013).

Püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyon yönteminde en yaygın kullanılan kaplama malzemesi arabik gam ya da diğer adıyla akasya gamıdır (Carneiro ve diğ., 2013). Gam arabik iyi bir enkapsüle ajanı olmasını sağlayan yüksek çözünürlük, düşük viskozite ve iyi emülsiyon oluşturma özellikleri gibi birçok arzu edilen özelliklere sahip olmasının yanı sıra, tedariğinde karşılaşılan sorunlar ve sürekli artış gösteren fiyatlar araştırmacıları arabik gamın yerini alabilecek taşıyıcı malzeme bulmaya ya da gam arabikle kombine edilebilecek taşıyıcı malzemeler keşfetmeye teşvik etmiştir (Charve ve diğ., 2009).

Maltodekstrin uygun fiyata ve yüksek suda çözünürlüğe (>%75) sahip hidrolize nişastalardır (Torres ve diğ., 2016). Oluşturduğu kaplama filmi enkapsüle edilmiş malzemenin oksijen ile temasını azalttığı için gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunda yaygın olarak kullanılan hidrolize nişastadır (Gharsallaoui ve diğ., 2007). Düşük maliyeti, spesifik bir aromasının ve tadının olmaması, düşük viskoziteye sahip olması ve oksidasyona karşı iyi bir koruyucu olması gibi avantajlara sahiptir. Bütün bu avantajlara rağmen maltodekstrin ile ilgili en büyük problem düşük emülsiyon oluşturma kapasitesine sahip oluşudur. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle etkin mikrokapsüller elde etmek için taşıyıcı malzeme olarak gam arabik, modifiye nişasta ve proteinler gibi yüzey aktif polimerlerin kombinasyonları tercih edilebilir (Fernandes ve diğ. 2008; Blue ve diğ., 2010).

Em-Cap, stabil emülsiyon oluşturma özelliğine sahip olacak şekilde özel olarak tasarlanmış bir modifiye nişastadır. Düşük viskoziteye sahiptir. Aroma enkapsülasyonu ve aroma emülsiyonlarında akasya gamının yerini almak için kullanılan oldukça düşük viskozite profilli emülsifiye edici nişastalardır.

Kaplama malzemelerinin kombinasyonlarının seçimi hem emülsiyon özelliklerini hem de kurutma işleminden sonraki partikül karakteristiklerini etkilemektedir. Enkapsülasyon ajanlarına göre emülsiyonun stabilitesi, viskozitesi, damlacık boyutu gibi karakteristikleri, bununla birlikte toz formun yüzey yağı, partikül boyutu, yoğunluğu, morfolojisi ve oksidatif stabilitesi gibi özellikleri etkilenmektedir (Jaferi ve diğ., 2008).

2.3 Esansiyel Yağların Enkapsülasyonu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Esansiyel yağların en önemli problemi oksidatif bozulmaya yüksek duyarlılığı ve istenmeyen koku ve aromalarının oluşumudur. Bu sorun esansiyel yağ üreticileri ve bu ürünleri kullanan endüstriler için ekonomik açıdan başta olmak üzere zaman ve enerji kayıplarına yol açmaktadır. Bu yağların bir yerden bir yere taşınırken, proses sırasında ve depolama süresi boyunca dikkatle korunmaları gerekmektedir (Carneiro ve diğ., 2013). Bu gibi yağların çevresel ve proses koşullara dayanıklı olması enkapsülasyon yöntemleri ile mümkün olmaktadır.

Biberiye esansiyel yağının enkapsülasyonu ile ilgili çalışmada enkapsülasyon teknolojisinin hassas gıda bileşenlerinin oksijene, neme, pH ve istenmeyen tatların oluşumuna karşı koruma sağladığı belirtilmiştir ve biberiye yağının dondurarak kurutma yöntemi ile mikron boyutunda enkapsülasyonu sağlanmıştır, mikrokapsüllerin fizikokimyasal özellikleri ve raf ömrü stabilitesi incelenerek kaplama materyalinin optimum formülasyonu belirlenmiştir. Çalışmada mikrokapsül hazırlanmasında farklı oranlarda (1:3 ve 3:1) peyniraltı suyu proteini (WP) ve maltodekstrin (MD) kullanılmıştır. Çekirdekler üç farklı oranda kaplama materyali ile kaplanmıştır (1:40, 1:20 ve 1:10) ve farklı dekstroz ekivalent (DE) MD (DE:13-17 ve DE:4-7) kullanılmıştır. Emülsiyonların partikül boyutları ve dondurma yöntemi ile enkapsüle edilmiş ürünlerin kurutma verimleri, enkapsülasyon verimleri, yüzey morfolojisi ve ürünlerin raf ömrü testleri için depolama boyunca 1,8-cineole konsantrasyonu analiz edilmiştir. Çalışmalar sonucunda WP:MD oranının

artırılmasının kurutma ve enkapsülasyon verimini artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca kapsüllerin DE: 13-17 dekstroz ekivalent ile çekirdek kaplama oranının 1:20 ve MD'de en yüksek kurutma ve enkapsülasyon verimini sağladığı gözlenmiştir. Maltodekstrinin DE değerindeki değişiklik partikül boyutunda ve yüzey morfolojisinde çok önemli bir etki göstermemiştir (Turasan ve diğ., 2015).

Kakule yağını, kaplama materyali olarak modifiye nişasta ve yağsız süt tozu kullanarak, püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemiyle enkapsüle edilmiştir. Enkapsüle ürünlerin yağ tutma özellikleri ve raf ömrü stabiliteleri araştırılmıştır. Dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüllerin aroma tutma kapasiteleri kaplama materyallerinin kompozisyonundan bağımsız ve düşük bulunmuştur. Püskürterek kurutulmuş mikrokapsüller için ise kaplama materyalinin yüzdesi ve aroma tutma kapasiteleri daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen tozların parçacık boyutunun aroma tutma özelliğine ve yüzey yağ içeriğine katkı sağladığı görülmüştür. Ek olarak, toz partiküllerin mikroskopik gözlemlenmesi sonucunda, duvar malzemesi ve kurutma metodu tozun morfolojik özelliklerini etkilemiştir, bu da kakule yağı emilim kabiliyetindeki farklılığa neden olmuştur (Najafi ve diğ., 2010).

Yapılan bir diğer çalışmada kakule yağını kaplama materyali olarak mesquite gam kullanılarak, püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsüle edilmiştir. Öncelikle buhar distilasyonu yöntemi ile kakule çekirdeklerinden kakule yağı ekstrakte edilmiştir. Emülsiyonlarda yağ:gam oranı 1:5, 1:4 ve 1:3 w/w olarak hazırlanmıştır. Mikrokapsüllerin toplam yağ tutma özellikleri, yüzey yağı, nem miktarı ve yağın/partikül yoğunlukları analiz edilmiştir. En yüksek enkapsülasyon verimi, yüzey yağı konsantrasyonunun 2590 mg/kg olduğu, yağ:gam oranının 1:4 w/w olan mikrokapsüllerde %83,6 olarak hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak test edilen üç farklı oranlarda nem miktarlarının benzer olduğu gözlenmiştir (Beristain ve diğ., 2001).

Literatürde raporlanan bir çalışmada nane yağını, duvar malzemesi olarak modifiye nişasta kullanarak enkapsüle etmişlerdir. Enkapsüle ürünlerin enkapsülasyon prosesi ve depolama süresi boyunca aroma tutma özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, nane yağının emülsifikasyon ve enkapsülasyon verimlerinin n-oktenil süksinik anhidrit için, modifiye nişasta ile daha yüksek olduğunu göstermiştir. Nane

yağının kompozisyonunun yağın saf, emülsiyon ve enkapsüle halinin farklı matrislerinde oldukça benzer olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte ayrı bileşenlerin oranlarında değişiklikler gözlenmiştir. Farklı enkapsüle ürünlerin yüzey yağlarının bileşimlerinde büyük farklılıklar elde edilmiştir. Ek olarak aroma bileşenleri her bir enkapsüle üründen farklı oranlarda salınmıştır. Modifiye nişastaların farklı matrislerinin aroma bağlama kapasiteleri su aktivitesine bağlıdır. Çalışmanın sonucunda, enkapsüle toz ürünlerden aroma maddelerinin kaybı depolama süresi boyunca su aktivitesindeki artışla doğru orantılı olarak artmıştır (Baranauskiene ve diğ., 2007). Literatürde adaçayı yağının mikro enkapsülasyonu ve farklı duvar malzemelerinin adaçayı yağının enkapsülasyon verimi ve adaçayı yağının doğal yapısını en iyi koruyan duvar malzemeleri üzerine yayınlanmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan *Salvia Sclarea* türünde adaçayı yağı (Treatt, UK) kullanılmıştır. Adaçayı yağı denemeler sürecinde buzdolabında +4 C’de depo edilmiştir. Taşıyıcı malzeme olarak maltodekstrin (Tate & Lyle plc, UK), akasya gamı (Alland & Robert, Fransa) ve modifiye nişasta (em-cap) (Tate & Lyle plc, UK) kullanılmıştır. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen toz ürünler vakum paketlenmiş ve +4 C’de depolanmıştır..

3.1.1 Analizlerde kullanılan malzemeler ve cihazlar

Analizlerde kullanılan malzemeler; kaynama taşı, hassas terazi, cam petriler, plastik pipet, balon joje, beher, puar, cam pipet (5-10 µl), erlen, huni ve poşet şeklinde sıralanabilir.

Analizlerde kullanılan cihazlar; spektrofotometre cihazı (DR5000, Hach Lange GmbH, Almanya), Mettler Toledo ML204 hassas terazi (Columbus, ABD), Biosan Bio Vortex V1 Karıştırıcı (Sofya, Bulgaristan), Pocket Refractometer brix cihazı ve su aktivitesi ölçüm cihazı AquaLab VSA (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA), Ultra-Turrax homojenizatör, püskürtmeli kurutucu (Mini Spray Dryer B-290, BUCHİ, Flawil, İsviçre) ve vakumlu etüv (EV018, Nüve, Ankara, Türkiye), T_g ölçüm cihazı (Q2000 DSC, TA Instruments, New Castle, DE, USA) şeklinde sıralanabilir.

3.2 Metod

3.2.1 Emülsiyon hazırlanması

Deney tasarımında belirtilen oranlarda taşıyıcı malzemeler distile suya 25 °C’de ilave edilmiş ve tamamen çözünene kadar manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Ardından karışıma adaçayı yağı ilave edilmiştir. Emülsiyonlar toplam 400 g olacak

şekilde hazırlanmıştır. Toplam kuru madde konsantrasyonu (taşıyıcı malzeme + yağ) %40 olacak şekilde sabitlenmiştir. Ultra-Turrax homojenizatör ile 12000 rpm de 5 dakika boyunca emülsiyon oluşturulmuştur.

3.2.2 Püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsülasyon işlemi

Püskürtmeli kurutma prosesinde laboratuvar ölçekli Buchi B-290 (Flawil, İsviçre) mini püskürtmeli kurutucu kullanılmıştır. Besleme debisi 9 ± 2 g/dk, giriş sıcaklığı 150 ± 2 °C, çıkış sıcaklığı 92 ± 2 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Aspiratör ayarı %100, bulamaç pompa ayarı %30, basınçlı hava ayarı 45 mm ve bulamaç sıcaklığı 40 °C olarak ayarlanmıştır. Püskürtmeli kurutucuda 40 dakika süre ile enkapsülasyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen toz formdaki enkapsüle ürünler vakum paketler içerisinde, analiz gününe kadar buzdolabında +4 °C de depolanmıştır.

3.2.3 Adaçayı yağının enkapsülasyonu için deneysel tasarım

Adaçayı yağının püskürtmeli kurutucuda enkapsülasyonuna farklı taşıyıcı malzemelerin etkisinin araştırılması amacıyla d-optimal design (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, ABD) programıyla 3 faktörlü 2 seviyeli deney tasarımı oluşturulmuştur.

Adaçayı yağının püskürterek kurutulmasının optimizasyonunda kullanılan bağımsız değişkenler ve seviyeleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Adaçayı yağının püskürterek kurutma prosesinin optimizasyonunda kullanılan bağımsız değişkenler ve seviyeleri.

	İsim	En düşük (%)	En yüksek (%)	-1 Seviye	+1 Seviye
A	Maltodekstrin	80	100	-1	+1
B	Gam Arabik	0	10	-1	+1
C	Em-Cap	0	10	-1	+1

Tüm bu bağımsız değişkenler kullanılarak oluşturulan deney tasarımı Çizelge 3.2 ‘de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: Deney tasarımı.

Deney	<i>Emülsiyon Bileşenleri</i>					Toplam
	Yağ	Su	A:MD	B:GA	C:Em-Cap	
	%	%	%	%	%	%
1	8	52	37,0	2,0	1,0	100,0
2	8	52	40,0	0,0	0,0	100,0
3	8	52	36,0	2,0	2,0	100,0
4	8	52	32,0	4,0	4,0	100,0
5	8	52	38,0	1,0	1,0	100,0
6	8	52	34,0	4,0	2,0	100,0
7	8	52	40,0	0,0	0,0	100,0
8	8	52	38,0	2,0	0,0	100,0
9	8	52	36,0	4,0	0,0	100,0
10	8	52	38,0	0,0	2,0	100,0
11	8	52	36,0	0,0	4,0	100,0
12	8	52	32,0	4,0	4,0	100,0
13	8	52	34,0	4,0	2,0	100,0
14	8	52	36,0	4,0	0,0	100,0
15	8	52	34,0	2,0	4,0	100,0
16	8	52	36,0	0,0	4,0	100,0

3.2.4 Analizler

3.2.4.1 GC-MS analizi

Adaçayı yağının kendisi ve farklı çeşitlerde ve oranlarda taşıyıcı malzeme kullanılarak elde edilen enkapsüle edilmiş ürünlerinin adaçayının kimyasal kompozisyonuna etkisini incelemek amacıyla Aromsa A.Ş. analiz laboratuvarı bünyesinde bulunan GC-MS cihazıyla analiz edilmiştir.

3.2.4.2 Enkapsülasyon verimi

Enkapsülasyon verimi için her bir deney setinde elde edilen enkapsüle ürünlerin toplam yağ ve yüzey yağı miktarları analiz edilmiştir.

Toplam yağ analizi

Enkapsüle ürünlerin toplam yağ değerleri Clevenger uçucu yağ tayin aparatı kullanılarak analiz edilmiştir. 20 g toz 225 g NaCl ile karıştırılarak 500 g distile su içerisinde çözündürülmüştür. Çözelti kaynamaya bırakılmıştır ve 3 saat boyunca distile edilmiştir. Yağ miktarı doğrudan yağ toplama kolundan okunmuştur ardından adaçayı yağının yoğunluğu ile çarpılarak ağırlığı hesaplanmıştır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Can Karaca ve diğ., 2015).

Yüzey yağı analizi

Enkapsüle ürünlerin yüzey yağı değerleri sokselet yöntemi ile analiz edilmiştir. Buna göre 20 g enkapsüle ürün tartılıp filtre kağıdının içine yerleştirilmiştir. Ardından bu filtre kağıtları kartuşun içine konulup üstüne pamukla tampon yapılmış ve kartuşlar ekstraktöre yerleştirilmişlerdir. Öte yandan analizler esnasında çözücü olarak eter kullanılmış ve bu çözücü yavaş kaynayacak şekilde ısıtıcı ayarı ayarlanmış bu işlemlerden sonra ise geri soğutucu musluğu açılmıştır. Örnekler 3 saat boyunca eter ile ekstraksiyona tabi tutulduktan sonra bir gün boyunca eter uçana kadar bekletilmiştir. Mikrokapsüllerin yüzey yağı hesaplaması için balonların başlangıç ve son ağırlıkları not edilmiştir. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Eşitlik 3.1’de enkapsülasyon veriminin hesaplandığı denklem gösterilmiştir (Jafari ve diğ., 2007).

$$Enkapsülasyon Verimi = \frac{\%Toplam Yağ - \%Yüzey Yağı}{\%Toplam Yağ} \times 100 \quad (3.1)$$

Proses verimi

Belirlenen proses koşullarında elde edilen proses verimlerinin hesaplanabilmesi için prosese giren toplam kuru madde miktarı ve proses sonucu elde edilen toplam kuru madde miktarı göz önünde bulundurularak eşitlik (3.2)’de gösterilen eşitlik kullanılmıştır (Can Karaca ve diğ., 2015).

$$Proses Verimi = \frac{Elde edilen toplam kuru madde (g)}{Proses giren toplam kuru madde (g)} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.4.3 Nem

Farklı deney setlerinde elde edilen toz ürünlerin her biri üç paralel olacak şekilde etüv yöntemiyle nem analizleri yapılmıştır. Her bir örnekten 2 g tartılmış. Etüv öncesi ve sonrası tartımları alınarak nem miktarları hesaplanmıştır (Gonzales Rodea ve diğ., 2012). Deneyler, üç işlem, üç analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.4 Su aktivitesi

Enkapsüle edilmiş toz ürünlerin su aktivitelerinin (a_w) belirlenmesinde, AquaLab VSA Su Aktivitesi ölçüm cihazı (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA) kullanılmıştır. Su aktivitesi ölçme işleminde, öncelikle 1-3 gram numune 1-3 mm eninde numune kabına, hiç boşluk kalmayacak şekilde sıkıca yerleştirilmiştir. Cihaz probu numune kabının ilgili kısmına takıldıktan sonra numune haznesi kapağı kapatılmış ve dikkatlice sabitlenerek ölçüm başlatılmıştır (Can Karaca ve diğ., 2015). Ölçümün oda sıcaklığında yapıldığından emin olunmalıdır. Deneyler, üç işlem, üç analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.5 Camsı geçiş sıcaklığı (T_g)

T_g soğutma sistemi ile teçhiz edilmiş bir diferansiyel tarama kalorimetresi (Q2000 DSC, TA Instruments, New Castle, DE, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz indiyum ve safir için standart sıcaklıkları ve füzyon entalpilerini kontrol ederek kalibre edildi. Temizleme gazı olarak kuru azot kullanılmıştır (50 mL min^{-1}). Enkapsüle edilmiş toz ürünler yaklaşık 10 mg olacak şekilde Tzero™ hermetik sızdırmaz alüminyum kaplara tartılmıştır. Her ölçümde referans olarak boş alüminyum kap kullanılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında 50°C 'ye ısıtılıp ardından -30°C 'ye soğutulmuştur. İkinci bir tarama, -30 ile 140°C arasında, 10°C 'lik bir ısıtma oranı ile gerçekleştirildi (Can Karaca ve diğ., 2015).

3.2.4.6 İstatiksel analiz

Her bir yanıt değişken için denklem parametrelerinin önemi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Deneysel tasarım, veri analizi ve yanıt yüzey grafikleri Design-Expert 7 yazılımı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 GC-MS Analizi

Adaçayı yağının enkapsülasyon işlemi öncesi ve sonrası kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi ve enkapsülasyon işleminin adaçayı yağının kimyasal kompozisyonuna etkisinin incelenmesi amacıyla GC-MS analizi yapılmıştır. Adaçayı yağının GC-MS analiz sonucu Çizelge 4.1 gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Adaçayı yağının kimyasal kompozisyonu.

<i>Bileşen</i>	<i>Miktarı (%)</i>
Linalyl Acetate	56,84
Linalool	26,89
α -Terpineol	3,45
β -Caryophyllene	2,33
Geranyl Acetate	1,85
Geraniol	1,06
Neryl Acetate	0,93
Myrecene β	0,73
Limonene D	0,67
Germacrene D	0,62
Cis Ocimene	0,56
Trans Ocimene	0,56
Nerol	0,48
β -Pinene	0,26
α -Pinene	0,25

Adaçayı yağının kimyasal yapısı incelendiğinde linalyl acetate ve linalool oranı (LA/LO) 2,1 olarak, linalyl acetate ve α -terpineol oranı (LA/ α -T) 16,5 olarak, linalool ve α -terpineol oranı (LO/ α -T) 7,8 olarak analiz edilmiştir. Püskürtmeli

kurutma işlemi ile elde edilen toz ürünlerde de belirtilen oranlara en yakın içeriğe ulaşmak amaçlanmıştır.

Farklı duvar malzemeleri kullanılarak püskürtmeli kurutucuda elde edilen toz ürünlere GC-MS analizi yapılmıştır ve adaçayı yağına en yakın kimyasal içeriğe sahip olan formülasyon belirlenmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2: Toz ürünlerin kimyasal kompozisyonu.

Deney	Linalyl Acetate (%)	Linalool (%)	Alfa- Terpineol (%)	LA/LO	LA/ α -T	LO/ α -T
1	44,1	31,4	3,9	1,4	11,3	8,1
2	48,8	30,1	3,8	1,6	12,8	7,9
3	34,8	32,8	4,1	1,1	8,5	8,0
4	38,5	32,5	4,1	1,2	9,4	7,9
5	40	32	4,1	1,3	9,8	7,8
6	36,8	34,4	4,1	1,1	9,0	8,4
7	45,9	31,7	4,4	1,4	10,4	7,2
8	51,6	33,2	4,3	1,6	12,0	7,7
9	45,3	33,8	4,5	1,3	10,1	7,5
10	42,7	37,6	4,7	1,1	9,1	8,0
11	39,2	37,6	5,4	1,0	7,3	7,0
12	38,9	42,3	5,6	0,9	6,9	7,6
13	33,2	44,1	7	0,8	4,7	6,3
14	37	41,6	5,4	0,9	6,9	7,7
15	43,2	40,5	5,7	1,1	7,6	7,1
16	41,9	39,5	5	1,1	8,4	7,9

Adaçayı yağının kimyasal yapısında bulunan, adaçayı yağına karakteristik özelliklerini veren ve adaçayı yağının yaklaşık %85’ini oluşturan bileşenler linalyl acetate, linalool ve alfa-terpineol olarak belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen toz ürünlerde de bu uçucu bileşiklerin tutulma kapasiteleri ve oranları karşılaştırılmıştır. Peana ve diğ. (2002) yaptıkları çalışma sonucunda linalool ve linalyl asetat içeren türlerin potansiyel olarak antiinflamatuvar özellikleri olduğunu belirtmişlerdir (Pena ve diğ., 2002). Duerta ve diğ. (2016) linalool’un antibakteriyel, antibiyofilm ve antioksidan potansiyelinin varlığını belirtmişlerdir. Ayrıca, linaloolün radikal bileşenlerini süpürme özelliğini ve peroksidasyon inhibisyon tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bu bileşenlerin sentetik antioksidanlara karşı potansiyel alternatifler olabileceğini göstermiştir. Bu bileşenlerin gıda endüstrisinde kimyasal

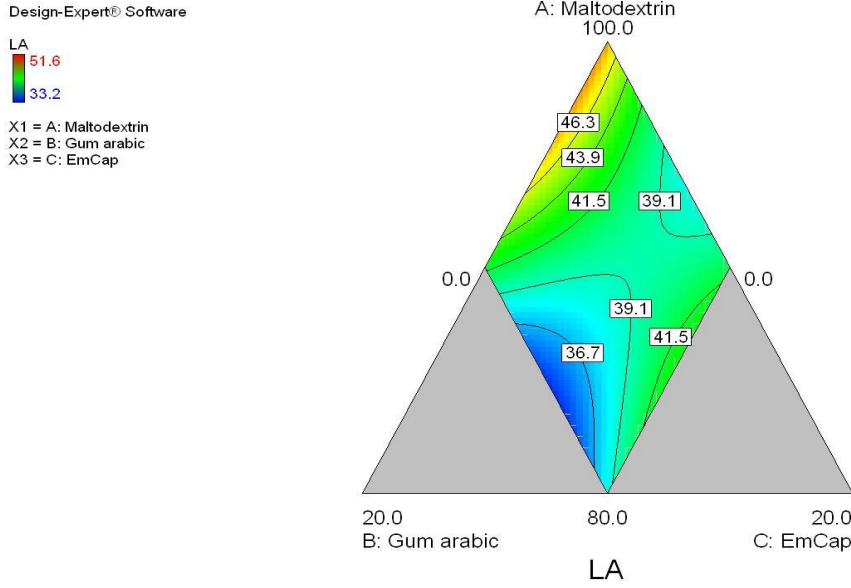
katkı maddeleri veya koruyucular kullanmadan gıda ürünlerinin raf ömrünü uzattığını ve gıda güvenliğini sağlayabileceğini önermişlerdir (Duarte ve diğ., 2016). Bütün bu sonuçlar karşılaştırıldığında bu bileşenlerin tutulma kapasitesinin en yüksek olduğu formülasyonlarda antibakteriyel, antiinflamatuvar ve antioksidan özelliklerinin daha yüksek olacağı sonucuna varılabilir. Çizelge 4.2'deki sonuçlar karşılaştırıldığında maltodekstrin miktarının yüksek olduğu deney 2, deney 7 ve deney 8 formülasyonlarında linalyl acetat ve linaloolün yüksek oranlarda tutulması sağlandığı gözlenmiştir. Linalyl acetate (LA) ve linalool (LO) oranının en yüksek olduğu formülasyonlar da maltodekstrin oranının yüksek olduğu formülasyonlardır. Buradan maltodekstrinin uçucu bileşenleri iyi tutan bir duvar malzemesi olduğu sonucu çıkarılabilir. Toz ürünler incelendiğinde LA/LO, LA/ α -T ve LO/ α -T oranlar karşılaştırılmış ve adaçayı yağının kimyasal yapısına en yakın formülasyonlara deney 2, deney 7 ve deney 8 örneklerinde ulaşılmıştır. Bu deneylere ait formülasyonlarda maltodekstrin oranının en yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.3: Enkapsüle toz ürünlerin LA tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri
Model	264,5	5	52,9	4,6	0.0194
Lineer Karışım	146,5	2	73,2	6,4	0.0165
Maltodekstrin-Gam arabik	20,9	1	20,9	1,8	0.2072
Malodekstrin-Em-Cap	104,7	1	104,7	9,1	0.0129
Gam Arabik-Em-Cap	7,6	1	7,6	0,7	0.4349
Hata	114,9	10	11,5		
Model Yetersizliği	66,1	5	13,2	1,4	0.3739
Tekrar Hatası	48,9	5	9,8		
Toplam	379,5	15			

Çizelge 4.3'de enkapsüle toz ürünlerdeki Linalyl Acetate tutma oranına ilişkin varyans analiz sonucunu göstermektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre P değeri 0.05'ten küçük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda LA tutma oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilendiği görülmüştür.

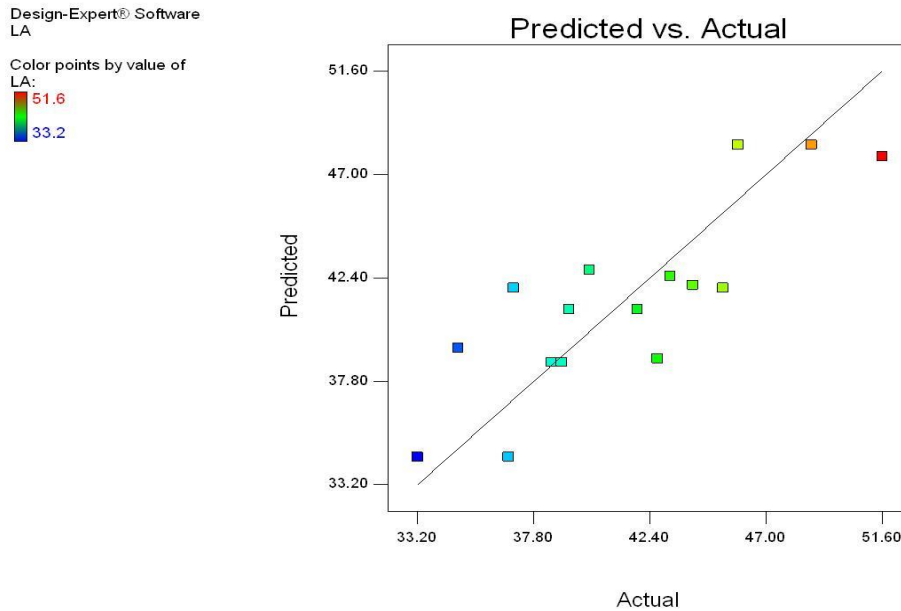
Enkapsüle toz ürünlerin Linalyl Acetate tutma kapasiteleri sonuçlarına göre model grafiği şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: LA tutma oranlarına göre model grafiği.

LA'nın en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının $>95\%$, akasya gamı oranı $<4,5\%$ ve em-cap oranı $<0,5\%$ olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.2'de ise LA tutma oranlarına göre modelin tahminlediği ve gerçek değerler gösterilmiştir. Modelin tahminlediği ve elde edilen gerçek değerler karşılaştırıldığında benzer bir dağılım gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.2: LA tutma oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.

Çizelge 4.4’de enkapsüle toz ürünlerdeki Linalool oranına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre p değeri 0.05’ten büyük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda LO tutma oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmediği görülmüştür.

Çizelge 4.4: Enkapsüle toz ürünlerin LO tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri
Model	93,3	2	46,7	2,9	0.0908
Lineer Karışım	93,3	2	46,7	2,9	0.0908
Hata	209,1	13	16,1		
Model Yetersizliği	80,5	8	10,1	0,4	0.8854
Tekrar Hatası	128,6	5	25,7		
Toplam	302,4	15			

Çizelge 4.5’de enkapsüle toz ürünlerdeki Alfa-terpineol oranına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre P değeri 0.05’ten büyük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda α -T tutma oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmediği görülmüştür.

Çizelge 4.5: Enkapsüle toz ürünlerin α -T tutma oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri
Model	2,4	2	1,2	1,7	0.2144
Lineer Karışım	2,4	2	1,2	1,7	0.2144
Hata	8,9	13	0,7		
Model Yetersizliği	2,9	8	0,4	0,3	0.9340
Tekrar Hatası	6,0	5	1,2		
Toplam	11,3	15			

Enkapsüle toz ürünlerin Linalyl Acetate/Linalool oranlarına göre model grafiği şekil 4.6’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6’de enkapsüle toz ürünlerdeki LA/LO oranlarına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre P değeri 0.05’ten küçük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda LA/LO oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilendiği görülmüştür.

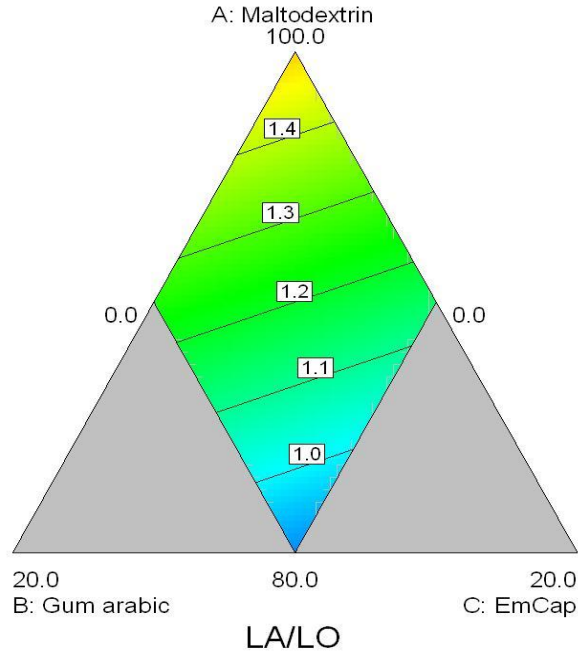
Çizelge 4.6: Enkapsüle toz ürünlerin LA/LO oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,4	2,0	0,2	5,7	0.0168
Lineer Karışım	0,4	2,0	0,2	5,7	0.0168
Hata	0,5	13,0	0,0		
Model Yetersizliği	0,3	8,0	0,0	0,8	0.6196
Tekrar Hatası	0,2	5,0	0,0		
Toplam	0,8	15,0			

Design-Expert® Software

LA/LO
1.6
0.8

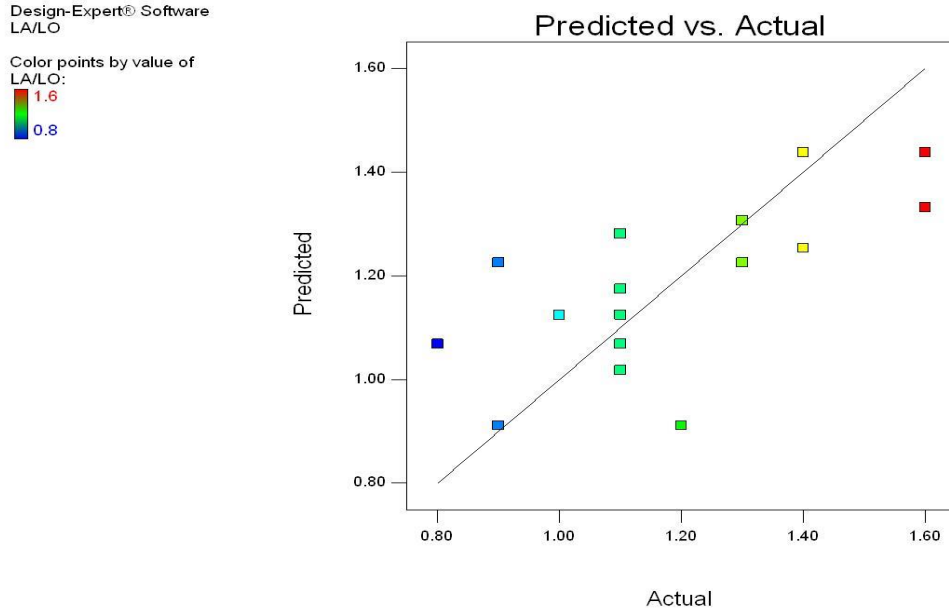
X1 = A: Maltodextrin
X2 = B: Gum arabic
X3 = C: EmCap



Şekil 4.3: LA/LO oranlarına göre model grafiği.

LA/LO'nun en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının $>99\%$, akasya gamı oranı $<0,6\%$ ve em-cap oranı $<0,4\%$ olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.4'de ise LA/LO oranlarına göre modelin tahminlediği ve gerçek değerlerin dağılımı gösterilmiştir. Modelin tahminlediği ve elde edilen gerçek değerler karşılaştırıldığında benzer bir dağılım gösterdiği görülmüştür.



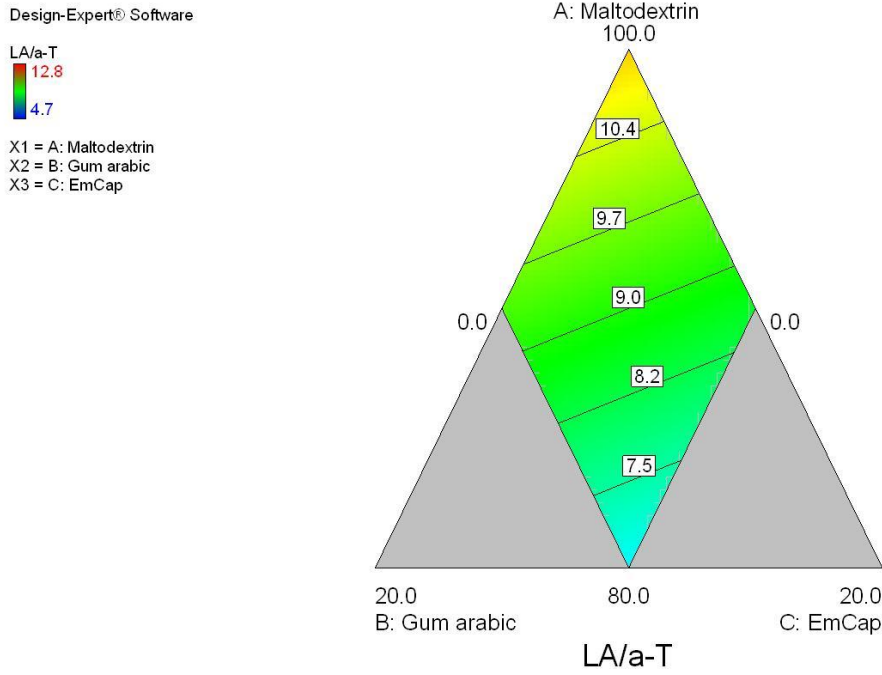
Şekil 4.4: LA/LO oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.

Çizelge 4.7'de enkapsüle toz ürünlerdeki LA/a-T oranlarına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre P değeri 0.05'ten küçük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda LA/ α -T oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilendiği görülmüştür

Çizelge 4.7: Enkapsüle toz ürünlerin LA/a-T oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	28,10	2,00	14,05	4,89	0.0261
Lineer Karışım	28,10	2,00	14,05	4,89	0.0261
Hata	37,38	13,00	2,88		
Model Yetersizliği	16,40	8,00	2,05	0,49	0.8243
Tekrar Hatası	20,98	5,00	4,20		
Toplam	65,48	15,00			

Enkapsüle toz ürünlerin Linalyl Acetate/Alfa-Terpineol oranları sonuçlarına göre model grafiği şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: LA/a-T oranlarına göre model grafiği.

LA/ α -T’nin en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının $>99\%$, akasya gamı oranı $<0,6\%$ ve em-cap oranı $<0,4\%$ olduğu gözlenmiştir.

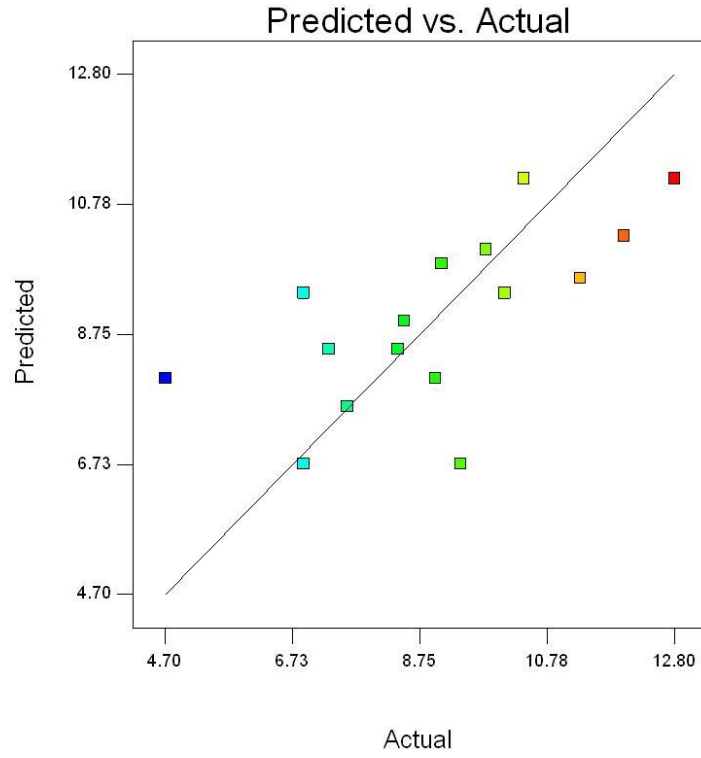
Şekil 4.6’de ise LA/a-T oranlarına göre modelin tahminlediği ve gerçek değerlerin dağılımı gösterilmiştir. Modelin tahminlediği ve elde edilen gerçek değerler karşılaştırıldığında benzer bir dağılım gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 4.8’de enkapsüle toz ürünlerdeki LO/a-T oranlarına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. Elde edilen verilerin varyans analiz sonucuna göre P değeri 0.05’ten büyük olduğundan dolayı çalışılan koşullarda LO/ α -T oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmediği görülmüştür.

Çizelge 4.9, Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de püskürtülerek kurutulmuş adaçayı yağı tozlarının LA, LA/LO ve LA/ α -T için kodlanmış denklem katsayıları gösterilmiştir.

Design-Expert® Software
LA/a-T

Color points by value of
LA/a-T:



Şekil 4.6: LA/a-T oranlarına göre tahmin edilen ve gerçek değerler.

Çizelge 4.8: Enkaspüle toz ürünlerin LO/ α -T oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,1	2	0,0	0,1	0.8886
Lineer Karışım	0,1	2	0,0	0,1	0.8886
Hata	3,9	13	0,3		
Model Yetersizliği	1,0	8	0,1	0,2	0.9727
Tekrar Hatası	2,9	5	0,6		
Toplam	4,0	15			

Çizelge 4.9: LA için kodlanmış denklem katsayıları.

	L_pseudo bileşenleri açısından final denklemini	Gerçek bileşenlere göre final denklemini	Fiili bileşenlere göre final denklemini
* Maltodekstrin	48,3	48,3	0,5
* Gam arabik	14,3	-973,5	-9,7
* EmCap	80,6	2084,6	20,8
* Maltodekstrin * Gam arabik	42,6	1064,5	0,1
* Maltodekstrin * EmCap	-93,7	-2343,7	-0,2
* Gam arabik* EmCap	-35,1	-878,6	-0,1

Çizelge 4.10: LA/LO için kodlanmış denklem katsayıları.

	L_pseudo bileşenleri açısından final denklemini	Gerçek bileşenlere göre final denklemini	Fiili bileşenlere göre final denklemini
* Maltodekstrin	1,4	1,4	0,014
* Gam arabik	1,0	-0,7	-0,007
* EmCap	0,8	-1,7	-0,017

Çizelge 4.11: LA/ α -T için kodlanmış denklem katsayıları.

	L_pseudo bileşenleri açısından final denklemini	Gerçek bileşenlere göre final denklemini	Fiili bileşenlere göre final denklemini
* Maltodekstrin	11,2	11,2	0,112
* Gam arabik	7,6	-6,7	-0,067
* EmCap	5,9	-15,4	-0,154

4.2 Nem Analizi

Analiz edilen toz ürünlerin nem miktarları Çizelge 4.12’de gösterilmektedir. Sonuçlar 3 ölçüm ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 4.12: Nem analizi sonuçları.

Deney	Yağ %	Su %	A:MD %	B:GA %	C:Em-Cap %	Nem %	Std. Sapma
1	8	52	37,0	2,0	1,0	1,3	0,1
2	8	52	40,0	0,0	0,0	1,1	0,1
3	8	52	36,0	2,0	2,0	1,5	0,1
4	8	52	32,0	4,0	4,0	1,5	0,2
5	8	52	38,0	1,0	1,0	1,0	0,2
6	8	52	34,0	4,0	2,0	1,1	0,2
7	8	52	40,0	0,0	0,0	0,8	0,1
8	8	52	38,0	2,0	0,0	1,0	0,1
9	8	52	36,0	4,0	0,0	1,3	0,4
10	8	52	38,0	0,0	2,0	1,4	0,1
11	8	52	36,0	0,0	4,0	1,7	0,4
12	8	52	32,0	4,0	4,0	1,2	0,0
13	8	52	34,0	4,0	2,0	1,5	0,2
14	8	52	36,0	4,0	0,0	0,8	0,1
15	8	52	34,0	2,0	4,0	1,4	0,0
16	8	52	36,0	0,0	4,0	1,5	0,0

Analiz edilen ürünlerin nem miktarları 0,8 ile 1,7 ($\pm 0,07$) aralığında değişmektedir. Nem miktarları gıda endüstrisinde kullanılan toz ürünlerin en düşük nem değerlerinden düşüktür (Klinkesorn, 2006). En düşük nem değerine sahip deney 7 ve deney 14 numuneleridir bu kombinasyonlarda maltodekstrin ile birlikte akasya gamı oranı yüksektir. Bu sonuçlar keten tohumu yağının farklı duvar malzemeleri kullanılarak (Maltodekstrin, akasya gamı, peyniraltı suyu proteinleri ve modifiye nişasta) püskürtmeli kurutma yöntemiyle enkapsüle edildiği çalışmadaki nem değerlerinden daha düşüktür (Carneiro ve diğ., 2013). Soya fasülyesi yağının farklı duvar malzemeleri kullanılarak püskürtmeli kurutucuda enkapsüle edildiği çalışmada nem miktarlarının duvar malzemelerinin farklılığından etkilenmediğini gözlemlenmiştir. (Hogan ve diğ., 2001).

4.3 Su Aktivitesi (a_w)

Analiz edilen toz ürünlerin su aktivitesi değerleri Çizelge 4.13’da gösterilmektedir. Sonuçlar 3 ölçüm ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 4.13: Su aktivitesi ölçüm sonuçları.

Deney	Yağ %	Su %	A:MD %	B:GA %	C:Em-Cap %	aw	Std. Sapma
1	8	52	37,0	2,0	1,0	0,14	0,0
2	8	52	40,0	0,0	0,0	0,15	0,0
3	8	52	36,0	2,0	2,0	0,16	0,0
4	8	52	32,0	4,0	4,0	0,15	0,0
5	8	52	38,0	1,0	1,0	0,14	0,0
6	8	52	34,0	4,0	2,0	0,12	0,0
7	8	52	40,0	0,0	0,0	0,11	0,0
8	8	52	38,0	2,0	0,0	0,16	0,0
9	8	52	36,0	4,0	0,0	0,15	0,0
10	8	52	38,0	0,0	2,0	0,17	0,0
11	8	52	36,0	0,0	4,0	0,15	0,0
12	8	52	32,0	4,0	4,0	0,19	0,0
13	8	52	34,0	4,0	2,0	0,20	0,0
14	8	52	36,0	4,0	0,0	0,16	0,0
15	8	52	34,0	2,0	4,0	0,17	0,0
16	8	52	36,0	0,0	4,0	0,14	0,0

Örneklerin su aktivitesi (aw) değerleri 0,20 ve 0,11 aralığında değişmektedir. %3'ün altındaki nem miktarı ve 0,3'den düşük su aktivitesi (aw) değerinde ürün stabilitesinin sağlandığı düşünülmektedir (Drusch ve Schwarz, 2006). Bu sonuçlara göre tüm formülasyonlarda toz ürünlerin stabilitesi sağlanmıştır.

4.4 Enkapsülasyon Verimi

4.4.1 Toplam yağ analizi ve yüzey yağı analizi

Analiz edilen ürünlerin toplam yağ, yüzey yağı analizleri sonuçları, enkapsülasyon verimleri ve proses verimleri Çizelge 4.14'de gösterilmiştir. Değerler denklem (3.1) ve denklem (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar 2 tekrarlı olarak hesaplanmıştır.

Enkapsüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimleri %94,1 ve %98,6 aralığında değişmektedir. Adaçayı yağının püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsülasyonun da enkapsülasyon verimleri belirlenen çalışma koşullarında taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmemektedir.

Örneklerin proses verimleri karşılaştırıldığında değerler %80,8 ve %94,9 aralığında değişmektedir. Duvar malzemelerinin kompozisyonu karşılaştırıldığında proses

veriminin en yüksek çıktığı formülasyonlar modifiye nişasta Em-cap oranının yüksek olduğu gözlenmiştir. Em-cap oranın düşük olduğu formülasyonların proses verimlerinin ise düşük olduğu gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada enkapsülasyon veriminin kullanılan duvar malzemelerine göre önemli ölçüde etkilendiğini belirtilmiştir. Çalışmada maltodekstrin ve peyniraltı suyu tozu kullanılarak oluşturulan emülsiyonların düşük stabilitede olduğunu ve bu durumun enkapsülasyon verimini etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.14: Toplam yağ analizi-yüzey yağı analizi-enkapsülasyon verimi-proses verimleri.

Deney	Toplam Yağ (%)	Yüzey Yağı (%)	Enkapsülasyon Verimi (%)*	Proses Verimleri (%)*
1	12,0	0,3	97,6	80,9
2	12,3	0,5	96,0	90,7
3	11,8	0,7	94,1	88,6
4	14,7	0,5	96,6	89,6
5	13,4	0,2	98,5	83,1
6	13,0	0,7	94,2	80,8
7	10,0	0,2	97,5	92,7
8	10,0	0,5	94,5	85,8
9	11,5	0,2	98,3	88,2
10	12,9	0,3	97,3	88,9
11	13,8	0,2	98,6	91,3
12	13,8	0,3	97,9	90,6
13	12,7	0,2	98,5	83,0
14	11,8	0,2	97,9	92,7
15	13,8	0,5	96,0	94,9
16	13,7	0,4	97,1	94,2

*Enkapsülasyon verimleri ve proses verimlerinde $P>0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

Charve ve Reineccius (2009), uçucu bileşenleri farklı duvar malzemeleri kullanarak püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle ettikleri çalışmada modifiye nişasta kullanılarak elde edilen tozların, akasya gamı ve peynir altı suyu tozu kullanılarak elde edilen tozlara göre daha yüksek yağ tutma özelliği gösterdiklerini belirtmişlerdir. Barbosa ve diğ. (2005), yüksek stabilitede emülsiyonların yüksek enkapsülasyon verimi sağladığını ve yüzeyde kaplanmamış partikülleri de daha düşük olacağını belirtmişlerdir. Çizelge 4.15’de enkapsüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.15: Enkapsüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri
Model	23,1	9,0	2,6	1,2	0,4157
Lineer Karışım	0,1	2,0	0,1	0,0	0,9689
AB	0,2	1,0	0,2	0,1	0,7898
AC	7,5	1,0	7,5	3,6	0,1068
BC	10,1	1,0	10,1	4,8	0,0703
ABC	8,3	1,0	8,3	4,0	0,0938
AB(A-B)	0,0	1,0	0,0	0,0	0,9289
AC(A-C)	7,7	1,0	7,7	3,7	0,1025
BC(B-C)	1,3	1,0	1,3	0,6	0,4553
Hata	12,5	6,0	2,1		
Model yetersizliği	0,1	1,0	0,1	0,0	0,8355
Tekrar hatası	12,4	5,0	2,5		
Toplam	35,6	15,0			

4.5 Tg Sıcaklığı Ölçüm Sonuçları

Enkapsüle edilmiş ürünlerin camsı geçiş sıcaklıkları Çizelge 4.16’de gösterilmiştir. Çizelgedeki değerlere göre Tg sıcaklıkları 54,9 °C ve 87,6 °C arasında değişmektedir. Tg, kurutulmuş ürünlerin optimum işleme koşullarını belirlemek için önemli bir parametredir. Tg sıcaklığı, amacı karşılamak için kurutma ekipmanı tasarlanırken kullanılır. Genel olarak Tg, yapışkanlık, kekleşme ve aglomerasyon gibi gıda maddelerinin fiziksel özelliklerini etkiler. Nem içeriğinin Tg üzerindeki etkisi, Tg gıdalara odaklanan hemen hemen tüm çalışmalar tarafından kapsanmıştır. Ek olarak Tg ve su aktivitesi, kurutulmuş ürünlerin işlenebilirliğini, tutum özelliklerini ve stabilitesini kontrol eden önemli faktörlerdir (Abbas ve diğ.,2010).

Çizelge 4.16: Camsı geçiş sıcaklıkları (T_g).

Deney	Yağ %	Su %	A:MD %	B:GA %	C:Em-Cap %	T _g °C
1	8	52	37,0	2,0	1,0	72,1
2	8	52	40,0	0,0	0,0	56,4
3	8	52	36,0	2,0	2,0	73,5
4	8	52	32,0	4,0	4,0	87,6
5	8	52	38,0	1,0	1,0	54,9
6	8	52	34,0	4,0	2,0	57,2
7	8	52	40,0	0,0	0,0	56,9
8	8	52	38,0	2,0	0,0	62,6
9	8	52	36,0	4,0	0,0	56,7
10	8	52	38,0	0,0	2,0	56,9
11	8	52	36,0	0,0	4,0	57,2
12	8	52	32,0	4,0	4,0	57,2
13	8	52	34,0	4,0	2,0	57,7
14	8	52	36,0	4,0	0,0	56,7
15	8	52	34,0	2,0	4,0	55,7
16	8	52	36,0	0,0	4,0	64,5

Çizelge 4.17’de enkapsüle toz ürünlerin T_g sıcaklıklarına göre uygulanan modele ilişkin varyans analiz sonucunu gösterilmektedir. İstatistiki analiz sonucunda P değeri 0.05’ten büyük bulunmuştur. Çalışma koşullarında ürünlerin T_g değeri taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmemektedir.

Çizelge 4.17: Enkapsüle toz ürünlerin T_g sıcaklıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri
Model	135,2	2,0	67,6	0,8	0.4627
Lineer Karışım	135,2	2,0	67,6	0,8	0.4627
Hata	1074,1	13,0	82,6		
Uyum eksikliği	585,1	8,0	73,1	0,7	0.6602
Tekrar hatası	489,0	5,0	97,8		
Toplam	1209,3	15,0			

4.6 Optimum Koşulların Belirlenmesi ve Deneylerin Tekrarlanması

Esansiyel yağların enkapsülasyon işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, esansiyel yağın doğal kompozisyonunun enkapsülasyon işleminden sonra korunmasıdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre belirlenen deney koşullarında *Salvia Sclarea* cinsi adaçayı yağının doğal yapısına en yakın olacak şekilde enkapsüle edildiği formüle Deney 8 koşullarında ulaşılmıştır. Bu deney koşullarında adaçayı yağı %8, su %52, maltodekstrin %38 ve gam arabik %2 oranında kullanılmıştır. Bu koşullarda adaçayı yağı tekrar püskürtmeli kurutma ile enkapsüle edilmiştir. Elde edilen enkapsüle toz ürünlere su aktivitesi, nem analizi ve GC-MS analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre linalyl acetate oranı %53,6, linalool oranı %30,8 ve α -terpineol oranı %4,5 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ilk sonuçlarla karşılaştırıldığında ilk analizde linalyl acetate oranı %51,6, linalool oranı %33,2 ve α -terpineol oranı %4,3 olduğu gözlenmiştir. Optimum koşullarda üretilen enkapsüle toz ürünlerin su aktivitesi değeri 0,18 nem değeri 1,2 olarak ölçülmüştür. Gıda endüstrisinde toz ürünler için %3'ün altındaki nem miktarı ve 0,3'den düşük su aktivitesi (aw) değerinde ürün stabilitesinin sağlandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlara göre optimum koşullarda üretilen toz ürünün stabilitesi sağlanmıştır.

5. SONUÇ

Değişen ve gelişen yaşam şartları ve insanların ‘sağlıklı beslenme’ algısının artması ile birlikte, son yıllarda gıda endüstrisinde tüketicilerin sağlıklı gıda üzerinde talepleri önemli ölçüde artmıştır. İnsanlar gıdaları sadece açlıklarını yatıştırmak amacıyla değil, fiziksel ve mental olarak sağlıklı olmak ve beslenme kaynaklı hastalıkların önüne geçmek için tüketmektedirler. Bu eğilim, gıda araştırmacılarını ve üreticilerini insanların sağlıklı beslenmelerini sağlayacak gerekli araştırmalara daha çok yönelmesini desteklemektedir. Tüketicilerin bu taleplerinin sağlanması amacıyla gıda endüstrisinde kullanılan ve geliştirilen bir çok yeni teknoloji bulunmaktadır. Bu yeni teknolojilerden enkapsülasyon işlemi gıdaların aktif bileşenlerinin korunması, stabilizasyonu ve yavaş salınımı için kullanılan ve tüketicilerin taleplerinin karşılanmasında kullanılan yeni bir teknolojidir.

Esansiyel yağlar gıda endüstrisi başta olmak üzere birçok endüstri tarafından sıkça kullanılan kokulu ya da kokusuz madde veya maddelerin karışımı olarak tanımlanan normal koşullar altında uçucu olan saf bileşiklerdir. Bir çok bitkiden çözücü ekstraksiyonu, presleme ve buhar distilasyonu yöntemleriyle elde edilen uçucu yağlar, aroma vericileri kullanan ya da aroma vericileri üretenler için çok önemli ve değerli kaynaklardır. Esansiyel yağ içeren baharatlar gıdalarda sadece lezzeti artırmak amacıyla değil gıdaları koruma amacı ile de kullanılırlar. Esansiyel yağlar antimikrobiyal özellik gösteren terpenoit hidrokarbonlar, alkoller, aldehydler, ketonlar, fenolik bileşenler ve onların türevlerine sahiptirler.

Bitkiler, esansiyel yağlara belirgin ve teşhiste rol oynayan kokularını verirler. Bu kokular ve esansiyel yağların antioksidan, antimikrobiyel ve antienflamatuar gibi özellikleri; bitkinin türüne, iklim ve toprak şartlarına, hasat zamanına ve hasattan sonraki süreçteki bakım ve muhafaza koşullarına göre değişir.

Adaçayı yağı gibi esansiyel yağların en önemli problemi oksidatif bozulmaya yüksek duyarlılığı ve istenmeyen koku ve aromalarının oluşumudur. Bu sorun esansiyel yağ üreticileri ve bu ürünleri kullanan endüstriler için ekonomik açıdan başta olmak

üzere zaman ve enerji kayıplarına yol açmaktadır. Esansiyel yağların bir yerden bir yere taşınırken, proses sırasında ve depolama süresi boyunca dikkatle korunmaları gerekmektedir. Bu gibi yağların çevresel ve proses koşullarına dayanıklı olması enkapsülasyon yöntemleri ile mümkün olmaktadır. Püskürtmeli kurutma prosesi bu yağların ve aromaların enkapsülasyonu için yaygın olarak kullanılan bir prosestir.

Bu çalışmada, adaçayı yağının, püskürtmeli kurutma yöntemi ile maltodekstrin, modifiye bir nişasta olan em-cap ve akasya gamı gibi farklı kaplama malzemelerinin birbirinden farklı oranlarda kullanılarak, enkapsülasyonu sağlanmıştır ve adaçayı yağının kimyasal yapısını en iyi koruyacak formülasyona ulaşmak amaçlanmıştır. Adaçayı yağının doğal yapısını en iyi koruyan formülasyonda deneyler tekrar edilerek sonuçların optimizasyonu sağlanmıştır. En uygun formülasyona ulaşmak için elde edilen toz ürünlerin nem, su aktivitesi, enkapsülasyon verimi gibi değerleri karşılaştırılmıştır. Her bir deney setine ait örneklerin camısı geçiş sıcaklıkları (T_g) ölçülmüştür. Ayrıca GC-MS kullanılarak adaçayı yağının püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyon işleminden önce ve sonra kimyasal yapısı analiz edilerek adaçayı yağının ana bileşenleri olan linalyl acetate, linalool ve α -terpinol tutma oranları karşılaştırılmıştır.

Esansiyel yağların enkapsülasyon işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, esansiyel yağın doğal kompozisyonunun enkapsülasyon işleminden sonra korunmasıdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre belirlenen deney koşullarında *Salvia Sclarea* cinsi adaçayı yağının doğal yapısına en yakın olacak şekilde enkapsüle edildiği formülde adaçayı yağı %8, su %52, maltodekstrin %38 ve gam arabik %2 oranında kullanılmıştır. Örneklerin proses verimleri karşılaştırıldığında değerler %80,8 ve %94,9 aralığında değişmektedir. Duvar malzemelerinin kompozisyonu karşılaştırıldığında proses veriminin en yüksek olduğu formülasyonlar modifiye nişasta olan Em-cap oranının yüksek olduğu gözlenmiştir. Em- cap oranın düşük olduğu formülasyonların proses verimlerinin ise düşük olduğu gözlenmiştir fakat Em-cap oranının yüksek olduğu formülasyonlarda adaçayı yağının doğal yapısında değişiklik olduğu gözlenmiştir.

Enkapsüle toz ürünlerin enkapsülasyon verimleri %94,1 ve %98,6 aralığında değişmektedir. Adaçayı yağının püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsülasyonun da enkapsülasyon verimleri belirlenen çalışma koşullarında taşıyıcı malzeme

kompozisyonundan etkilenmemektedir. Camsı geçiş sıcaklıkları (Tg) 54,9 °C ve 87,6 °C arasında değişmektedir. Camsı geçiş sıcaklıkları sonuçlarına göre çalışma koşullarında ürünlerin Tg değerlerinin taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmediği gözlenmiştir.

Adaçayı yağının %85'ini oluşturan Linalyl Acetate (LA), Linalool (LO) ve α -terpineol (α -T) bileşenleri ve bu bileşenlerin birbirleri arasındaki oranları enkapsüle ürünlerde incelenmiştir. LA'nın en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının >%95, akasya gamı oranı <%4,5 ve em-cap oranı <%0,5 olduğu gözlenmiştir. Linalool ve α -terpineol tutma oranları çalışılan koşullarda taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmemiştir. Çalışılan koşullarda LA/LO oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilendiği görülmüştür. LA/LO'nın en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının >%99, akasya gamı oranı <%0,6 ve em-cap oranı <%0,4 olduğu gözlenmiştir. LA/ α -T oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilendiği görülmüştür. LA/ α -T'nin en iyi oranda tutulduğu formülasyonlarda maltodekstrin oranının >%99, akasya gamı oranı <%0,6 ve em-cap oranı <%0,4 olduğu gözlenmiştir. LO/ α -T oranının taşıyıcı malzeme kompozisyonundan etkilenmediği görülmüştür.

Bu sonuçları doğrulamak amacıyla adaçayı yağı %8, su %52, maltodekstrin %38 ve gam arabik %2 oranında kullanılarak adaçayı yağının enkapsülasyonu sağlanmıştır ve deneyler tekrarlanmıştır. GC-MS analizleri ile incelendiğinde adaçayı yağının doğal yapısına çok benzer olduğu gözlenmiştir. Buna göre belirlenen koşullarda adaçayı yağını en iyi enkapsüle eden duvar malzemelerinin maltodekstrin ve akasya gamı olduğu gözlenmiştir. Maltodekstrin diğer taşıyıcı malzemelere oranlara uygun fiyatlı oluşu yine gam arabığın diğer bir taşıyıcı malzeme olarak kullanılan modifiye bir nişasta olan Em-Cap'ten çok daha ucuz olması çıkan sonuçların ekonomik açıdan da avantajlı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma sonucu elde edilen ürünlerin, şekerleme endüstrisinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Özellikle adaçayı yağının kendine has kokusu ve lezzeti tüketicileri bu ürüne yönlendirecektir. Bununla birlikte, sakız endüstrisinde uygulanabilirliği çok yüksektir. Adaçayı yağının antimikrobiyal özellikleri sayesinde enkapsüle toz ürünlerin, sakız endüstrisinde aranan bir özellik olan ağız içi florayı düzenleyebileceği düşünülmektedir. Ayrıca tüketiciler tarafından beğenilecek aroma

ve kokuya sahip bir ürün elde edilecektir. Unlu mamüller, bisküvi, kek, çikolata gibi endüstrilerde de uygulanabilirliği mevcuttur. Elde edilen toz ürünler baskın hoş aroma ve koku özelliği sayesinde ilaç sanayisinde, kozmetik sektöründe, parfüm endüstrisinde de geniş kullanım alanına sahip olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbas, K.A., Lasekan, O. ve Khalil, S.** (2010). The Significance of Glass Transition Temperature in Processing of Selected Fried Food Products. *Modern Applied Science*, 4: 3-21.
- Adame, R., Torres, L.M., Infante, G., Calderas, F., Laredo, R.F., Guzman, N.E., Martinez, L.A. ve Bernad, M.J.,** (2015). Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrin. *Food Science and Technology*, 64, 571-577.
- Ahmed, A.M., Ismail, T.H.,** (2010). Improvement of the quality and shelf-life of minced beef mixed with soyprotein by sage (*Salvia officinalis*). *Afr. J. Food Sci.* 4 (6), 330–334.
- Altindal, E. and Altindal, N.** (2016). Sage (*Salvia officinalis*) Oils, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (Chapter 81, pp.715-721). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00081-X>
- Avramenko, N., Chang, C., Low, N. Ve Nickerson, M.** (2016). Encapsulation of flaxseed oil within native and modified lentil protein-based microcapsules. *Food Research International* 81,17-24.
- Bakry, A. M., Fang, Z., Ni, Y., Cheng, H., Chen, H. Ve Liang, L.** (2016). Stability of tuna oil and tuna oil/peppermint oil blend microencapsulated using whey protein isolate in combination with carboxymethyl cellulose or pullulan. *Food Hydrocolloids*, 60, 559-571.
- Baranauskiene, R., Bylaite, E., Zukauskaite, J. ve Venskutonis, R. P.** (2007). Flavor Retention of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Essential Oil Spray-Dried in Modified Starches during Encapsulation and Storage. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 3027-3036.
- Barbosa-Cánovas GV, Ortega-Rivas E, Juliano P, Yan H** (2005). Food Powders. Physical proper- ties, processing, and functionality. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York
- Bayrak, A.** (2006). *Gıda Aromaları*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:32, Ankara
- Beristain, C.I., Garcia, H.S. and Carter-Vernon, E.J.** (2001). Spray-dried Encapsulation of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Essential Oil with Mesquite (*Prosopis juli-ora*) Gum. *Lebensm.Wiss. u.-Technol.*, 34, 398-401.

- Bule, M.V., Singhal, R.S., Kennedy, J.F.,** (2010). Microencapsulation of ubiquinone-10 in carbohydrate matrices for improve stability. *Carbohydrate Polymers* 82 (1), 1290–1296.
- Can Karaca, A., Guzel, O. ve Ak, M.** (2015). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *J Sci Food Agric* 96: 449-455.
- Carneiro, H. C. F., Tonon, R., Grosso, C. and Hubinger, M.** (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering* 115: 445-451.
- Carson CF, Riley TV** (1995). Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca al- ternifolia*. *J Appl Bacteriol* 78: 264–269
- Charve, J., Reineccius, G.A.,** (2009). Encapsulation performance of proteins and traditional materials for spray dried flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (6), 2486–2492.
- Drusch, S., Schwarz, K.** (2006). Microencapsulation properties of two different types of n-octenylsuccinate-derivatised starch. *European Food Research and Technology*, 222(1-2), 155-164.
- Duarte, A., Luis, A., Oleastro, M. ve Domingues, F. C.,** (2016). Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential to control *Campylobacter* spp. *Food Control* (61), 115-122.
- Esmaili, M.A., Sonboli, A.,** (2010). Antioxidant, free radical scavenging activities of *Salvia brachyantha* and its protective effect against oxidative cardiac cell injury. *Food Chem. Toxicol.* 48 (3), 846–853.
- Fernandes, L.P., Turatti, I.C.C., Lopes, N.P., Ferreira, J.C., Candido, R.C., Oliveira, W.P.,** (2008). Volatile retention and antifungal properties of spray-dried micro particles of *Lippia sidoides* essential oil. *Drying Technology* 26 (12), 1534–1542.
- Frost & Sullivan** (2005). Opportunities in the Microencapsulated Food Ingredients Market. London. <http://www.frost.com/prod/servlet/report-brochure.pag?id=B716-01-00-00-00>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R.,** (2007). Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International* 40 (9), 1107–1121.
- Gonzalez, D., Olivares, J., Guerrero, A., Huezo, M., Carter, E. ve Alonso, C.,** (2012). Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal of Food Engineering* 111, 102-109.
- Guzman-Gutierrez, S., Jaime-Bonilla, H., Cansino-Gomez, R. Ve Chilpa-Reyes, R.,** (2015). Linalool and β -pinene exert their antidepressant-like activity through the monoaminergic pathway. *Life Sciences* 128 24-29.

- Gülçin, İ., Uğuz, M., Oktay, M., Beydemir, Ş. Ve Küfrevioğlu, Ö. İ.,** (2003). Evaluation Of The Antioksidant And Antimicrobial Activities Of Clary Sage (*Salvia Sclarea* L.), *Turk J Agric for* (28), 25-33.
- Gürsoy, N., Tepe, B., Akpulat, H.A.,** (2012). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oils of *Salvia palaestina* (Bentham) and *S. ceratophylla* (L.). *Rec. Nat. Prod.* 6, 278–287.
- Hogan, S.A., Mcnamee, B.F., O’Riordan, E.D., O’Sullivan, M.,** (2001). Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends. *International Dairy Journal* 11(3), 137-144.
- Ixtaine, V., Julio, L., Wagner, J. R., Nolasco, S. Ve Tomas, M.,** (2015). Physicochemical characterization and stability of chia oil microencapsulated with sodium caseinate and lactose by spray-drying. *Powder Technology* 271, 26-34.
- Jafari, S. M., He, Y., & Bhandari, B.,** (2007). Role of powder particle size on the encapsulation efficiency of oils during spray drying. *Drying Technology: An International Journal*, 1081-1089.
- Kahraman, Z.,** (2009). Herbal extracts and their usage in laying hen diets. *J. Poult. Res.* 8 (1), 34–41.
- Kamatou, G.P., Makunga, N.P., Ramogola, W.P., Viljoen, A.M.,** (2008). South african *Salvia* species: a review of biological activities and phytochemistry. *J. Ethnopharmacol.* 119 (3), 664–672
- Kenawi, M.A.,** (2012). The role of packaging (materials & treatments) in addition to spices extract on stability of frozen buffalo meat product. *Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară Iaşi, Lucrări Ştiinţifice Seria Agronomie* 55 (2), 23–30.
- King, A.H.** (1995). Encapsulation of food ingredients. In *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Chapter 3, pp. 26–39.
- Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., Decker, E.A. and McClements, D.J.,** (2006). Charcterization of spray dried tuna oil emulsified in two layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Res. Int.* 39, 439-457.
- Lopez-Bote, C.J., Gray, J.I., Gomaa, E.A., Flegal, C.J.,** (1998). Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat. *Br. Poult. Sci.* 39, 235–240.
- Mariod, A.** (2016). Effect of Essential Oils on Organoleptic (Smell, Taste, and Texture) Properties of Food, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (Chapter 13, pp.131-137). Retrieved from doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. ve Beek T.A.,** (2003). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts, *Food Chemistry*, 85, 231-237.

- Mohammad, S.M.**, (2011). A study on sage (*Salvia officinalis*). J. Appl. Sci. Res. 7 (8), 1261–1262.
- Najafi, M.N.**, (2010). Effect of Drying Process and Wall Material on the Properties of Encapsulated Cardamom Oil. *Food Biophysics* 6:68-76.
- Orhan, I., Kartal, M., Naz, Q., Ejaz, A., Yilmaz, G., Kan, Y., Konuklugil, B., Şener, B. ve Choudhary, M. I.**, (2006). Antioxidant and anticholinesterase evaluation of selected Turkish *Salvia* species, *Science Direct*, 1247-1254.
- Peana, A. ve Moretti M.**, (2002). Pharmacological Activities And Applications Of *Salvia Sclarea* And *Salvia Desoleana* Essential Oils, Atta-ur-Rahman (Ed.) *Studies in Natural Products Chemistry*, Vol.26, 391-406.
- Park, Y. & Tak, J.** (2016). Essential Oils for Arthropod Pest Manegement in Agricultural Production Systems, *Science Direct*, 61-70. doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00006-7
- Porte, A., Godoy, R.L.O. ve Maia-porte, L.H.** (2013). Chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil from the Rio de Jeneiro State (Brazil). *Rev. Bras. Pl. Med., Campinas*, v.15, n.3, p.438-441.
- Radaelli, M., Silva, B. P., Weidlich, L., Hoehne, L., Flach, A., Costa, L. And Ethur, E.** (2015). Antimicrobial activities of six essential oils commonly used as condiments in Brazil against *Clostridium perfringens*. *Brazilian Journal of Microbiology*, BJM-51 P.7. doi:10.1016/j.bjm.2015.10.001
- Rasmy, M.N., Hassan, A.A., Foda, I.M., El-Moghazy, M.M.**, (2012). Assessment of the antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extracts on the shelf life of mayonnaise. *World J. Dairy Food Sci.* 7 (1), 28–40.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.T., Paganga, G.** (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 4: 304– 309
- Rios, J.** (2016). Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (Chapter 1, pp.3-10). Retrieved from doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4
- Sanchez, M., Cuvalier, M. Ve Turchiuli, C.**, (2016). Effect of α -tocopherol on oxidative stability of oil during spray drying and storage of dried emulsions. *Food Research International* 88, 32-41.
- Sepahvand, R., Delfan, B., Ghanbarzadeh, S., Rashidipour, M., Veiskarami, G. H., Yadegari, J.G.**, (2014). Chemical Composition, antioxidant activity and antibacterial effect of essential oil of aerial parts of *Salvia Sclareoids*. *Asian Pac. J. Trop. Med.*, 7 (Suppl 1): 491-496.
- Simitzis, P.E., Deligeorgis, S.G., Bizelis, J.A., Dardamani, A., Theodosiou, I., Fegeros, K.**, (2008). Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci.* 79, 217–223.

- Taarit, M. B., Msaada, K., Hosni K. ve Marzouk, B.,** (2012). Fatty Acids, Phenolic Changes And Antioxidant Activity Of Clary Sage (*Salvia Sclarea* L.) rosette leaves grown under saline conditions. *Industrial Crops and Products* 38, 58-63.
- Torres, L., Adame, R.S., Calderas, F., Infante, J.A., Laredo, R.F., Guzman, N.E., Ramirez, D.M., Bernad, M.J. and Manero, O.,** (2016). Microencapsulation by spray drying of laurel infusions (*Listeria glaucescens*) with maltodextrin. *Industrial Crops and Products* 90, 1-8.
- Turasan, H., Sahin, S. And Sumnu, G.,** (2015). Encapsulation of rosemary essential oil. *LWT - Food Science and Technology* 64, 112-119.
- Wang, H., Wang, Y., Yih, K.,** (2008). DPPH free-radical scavenging ability, total phenolic content, and chemical composition analysis of forty-five kinds of essential oils. *J. Cosmet. Sci.*, 59, 509-522.
- Wei, A., Shibamoto, T.,** (2011). *Functional (non-flavor) properties of flavor compounds. Food Flavors: Chemical, Sensory and Technological Properties.* Ed. H. Jelen. CRC Press.
- Zuidam, N.J. and Shimoni, E.,** (2010). Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them, *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing* (Chapter 2, pp. 3-29). Retrieved from DOI 10.1007/ 978-1-4419-1008-0_1

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Esra AYTEMUR
Doğum Yeri ve Tarihi : Çanakkale / 23.06.1990
E-Posta : esraelcin@yahoo.com
ÖĞRENİM DURUMU:
Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi
Gıda Mühendisliği (2008-2013)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Yasal İşler Uzmanı : Aromsa (2015 -)