

## Geleceğin Yemek Hizmetleri: Uzayda Beslenme Sistemleri

Murat AY\*, Esranur ÖZDEMİR\*\*

### Öz

**Giriş ve Çalışmanın Amacı:** Beslenme, sağlığın korunması ve yaşamın sürdürülmesi için gerekli olan besin öğelerinin yeterli ve dengeli şekilde vücuda alınması ve kullanılmasıdır. Uzayda beslenme ise, uzayda sağlığın korunması için gerekli olan gıda maddelerini kapsar. İlk uzay görevi ile başlayan astronotların beslenme ihtiyacını karşılamak ile ilgili çalışmalar günümüzde hala devam etmektedir. Bu çalışma ile, uzayda beslenmenin önemi, uzay yiyeceğinin Merkür görevinden başlayarak mevcut Uluslararası Uzay İstasyonuna kadar olan gelişimi ve uzay beslenme sistemi (yemeklerin belirlenmesi, üretilmesi ve paketlenmesi) hakkında bilgilendirilme yapılması amaçlanmıştır.

**Kavramsal/Kuramsal Çerçeve:** İnsanlar son yüzyılda çok sayıda uzay görevi yürütmüşlerdir ve bunların başarısında ana faktör astronotların fiziksel ve zihinsel sağlıkları olmuştur. Bunu sağlamada en önemli faktör uzay görevlerinde tüketilen gıda maddelerinin seçimi, üretilmesi ve paketlenmesidir.

**Yöntem:** Gastronomi ve uzay yiyeceği kavramsal çerçevesini oluşturmak amacıyla yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmış ve doküman analizi yöntemine başvurulmuştur.

**Bulgular:** Sağlık ve beslenme, uzun süreli insanlı görevleri sırasında astronotların vücudunu canlı, sağlıklı ve enerjik tutmaya yardımcı olan yiyeceklerden elde edilen yaşamın hayati bileşenleridir. Araştırma ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, çoğu yeryüzünde tüketilenlere benzeyen çok çeşitli yemekleri uzay menüsüne dahil etmek mümkün hale gelmiştir.

**Sonuç:** Uzay keşiflerinin insan vücudu üzerinde vücut kütlesi kaybı, görme ile ilgili değişiklikler, kemik yoğunluğunda kayıp -hatta anemi gibi birçok zararlı etkisi gözlemlenmiştir. Bu sorunların üstesinden gelmek için, uzay yiyeceği tasarlanırken çeşitli hususlar izlenmelidir. Beslenme gereksinimi, bir uzay görevinde önemli bir rol oynar. Çeşitli yiyecekler, bir uzay görevinin neden olduğu sınırlamaların üstesinden gelme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, uzay gıdası geliştirilirken eksiklikler ve hastalık gibi çeşitli parametreler dikkate alınmalıdır. Yiyecekler lokma büyüklüğünde, kolayca sindirilebilir ve raf ömürleri uzun olmalıdır. Bir

---

### Derleme Makale (Review Article)

**Geliş/Received:** 26.04.2023 **Kabul/Accepted:** 08.06.2023

\* Dr. Öğr. Üyesi, Doğuş Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye,

E-posta: [muratersinay@gmail.com](mailto:muratersinay@gmail.com) **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-3872-3920>

\*\* Gastronomi Uzmanı, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi Programı, İstanbul, Türkiye, E-posta: [esranur.ozdemir@ogr.gelisim.edu.tr](mailto:esranur.ozdemir@ogr.gelisim.edu.tr) **ORCID** <https://orcid.org/0009-0003-4515-0272>

uzay görevindeki astronotların beslenme durumu ve gereksinimleri göz önünde bulundurulurken teknolojik gelişmeler hakkında daha iyi fikir edinmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Gastronomi, güvenli gıda, beslenme, uzay yiyeceği, besin ihtiyacı, gıda ambalajlama.

### **Food Services of the Future: Nutrition Systems in Space**

#### **Abstract**

**Purpose of the study:** Nutrition is the sufficient and balanced intake and use of nutrients essential for the protection of health and the maintain of life. Nutrition in space covers the foodstuffs necessary for maintaining health in space. Studies on meeting the nutritional needs of astronauts, which started with the first space mission, still continue today. This research aims to provide information about the importance of nutrition in space, the development of space food from the Mercury mission to the current International Space Station, and the space nutrition system (identification, production and packaging of meals).

**Literature Background:** Humans have conducted numerous space missions over the past century, and the main factor in their success has been the physical and mental health of astronauts. The most important factor in achieving this is the selection, production and packaging of foodstuffs consumed in space missions.

**Method:** In order to create the conceptual framework of gastronomy and space food, the studies carried out were used and the document analysis method was applied.

**Result:** Health and nutrition are vital components of life derived from food that helps keep astronauts' bodies alive, healthy and energetic during long-term manned missions. With the development of research and technology, it has become possible to include a wide variety of dishes, most of which are similar to those consumed on earth, in the space menu.

**Conclusion:** Many harmful effects of space exploration have been observed on the human body, such as loss of body mass, changes in vision, loss of bone density and even anemia. To overcome these problems, several considerations must be followed when designing space food. Nutritional requirement plays an important role in a space mission. A variety of foods has the potential to overcome the limitations of a space mission. Therefore, various parameters such as deficiencies and disease must be taken into account when developing space food. Food should be bite-sized, easily digestible, and have a long shelf life. More research is needed to get a better idea of technological advances when considering the nutritional status and needs of astronauts on a space mission.

**Keywords:** Gastronomy, safe food, nutrition, space food, nutritional needs, food packaging.

## **1. Giriş**

İnsan vücudu, yaşamı sürdürmek ve gerekli olan besin maddelerini sağlamak için yiyeceğe bağımlıdır. Beslenme, insanların büyüme ve gelişebilmesi için gerekli olan besinleri tüketmesi ve vücudunda kullanmasıdır. Uzay beslenmesi ise, uzayda sağlıklı kalmak ve gelişmek

için gerekli gıdayı sağlamaktadır (Oluwafemi vd., 2018, s.2). Uzay yiyeceği kavramı, astronotlar tarafından kullanılmak üzere özel olarak oluşturulan ve formüle edilen yiyecekleri ifade etmektedir (Douglas vd., 2021, s.22). Beslenmenin, uzay keşifleri de dahil olmak üzere tüm insan keşiflerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Enrico, 2016).

İnsanlar, onlarca yıldır uzayla meşgul olmuşlar ve birkaç insanlı uzay uçuşu görevini olağanüstü başarılarla tamamlamışlardır. Bu başarılı görevler, gelecek dönemler için yeni birçok görevin planlanmasına neden olmuştur. Ancak bu görevlerin yerine getirilmesi için çeşitli faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu faktörlerin en önemlilerinden biri astronotların besin ihtiyacının giderilmesidir (Dahlan, 2019, s.162). Çünkü uzay görevlerine uygun beslenme ile gerekli besinler tüketilerek sağlıklı kalınabileceği gibi, astronotların tükettikleri yiyeceklerle uçuş sırasında psikolojilerinin olumlu yönde etkilemesi mümkün olmaktadır (Jiang, Zhang, Bhandari ve Cao, 2020, s.3574).

Uzay yolculuğu sırasında astronotlar, yalnızca beslenme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla değil, aynı zamanda uzay uçuşunun vücut üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için yeterli yiyecek tüketmelidir (Douglas vd., 2021, s.23). Beslenme aynı zamanda uzay yolculuklarının insan vücudu üzerindeki oksidatif stres, radyasyona maruz kalma, kemik ve kas kaybı gibi zararlı sonuçlarına karşı koymada çok önemli bir rol oynamaktadır (Bergouignan vd., 2016).

Astronotlar uzay görevleri sırasında çeşitli besin eksiklikleriyle de karşılaşabilmektedir. Bu nedenle sağlıklı ve besleyici bir diyet başarılı bir uzay yolculuğu için önemli bir faktördür. Çünkü beslenme, vücudun olumsuz çevre koşullarına uyumunu sağlayan (homeostaz) besin öğeleri içerir ve uzaydaki beslenme, esas olarak farklı ve sert çevre nedeniyle dünyadakinden biraz farklıdır. Bu nedenle astronotlar, diyetleri için gerekli olan besinler de dahil olmak üzere çeşitli besin eksiklikleriyle karşı karşıya kalabilmektedir. Bunu engellemek adına, uzay gıdaları önemli parametreler dikkate alınarak geliştirilmelidir. Örneğin bu gıdalar daha uzun bir raf ömrüne sahip olmalı ve sıfır yerçekimi ortamında, olduğu gibi kalacak şekilde üretilmelidir (Douglas vd., 2021, s.23).

Raf ömrü, bozulmayan ve çabuk bozulan gıdalar olarak gıdaların türüne göre ikiye ayrılabilir (Phimolsiripol ve Suppakul, 2016, s.3). Bozulmayan gıdalar için süre ve sıcaklık kontrolüne gerek yoktur. Öte yandan, bozulabilir (veya yarı bozulabilir) gıdalar söz konusu olduğunda, mikroorganizmaların büyümesini ve metabolizmasını engellemek için süre ve sıcaklığın manipüle edilmesi gerekmektedir (Phimolsiripol ve Suppakul, 2016, s.5).

Uzay araştırmaları, yeni teknolojilerin ve yeni tekniklerin gelişmesi ile beraber sürdürülebilirliğe katkıda bulunmakta ve gıda muhafazasının iyileşmesine fayda sağlamaktadır. Bu sayede, günümüzde astronotların çok çeşitli yiyeceklerle erişimi bulunmaktadır ve bu yiyeceklerle her geçen gün bir yenisi eklenmektedir. Gıda ürünü geliştirme ve gıda

teknolojisindeki yeniliklerin iyileşmesi astronotların uzayda kalma süresince besin ihtiyaçlarını karşılamayı etkilemektedir. Bu alanlardaki gelişmeler astronotların uzayda kalma sürelerini uzatarak uzay görevlerinin hızını artırmaya katkı sağlayacaktır (Long, Zhang, Devahastin ve Cao, 2022, s.2356).

Çevresel değişiklikler nedeniyle astronotlar, uzayan görevlerle bağlantılı olarak uzayda birçok psikolojik sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, yiyecek paketlerinin bu durum gözetilerek üretilmesi, astronotların kültürlerine hitap eden besinlere menülerde yer verilmesi gibi psikolojiyi etkileyen faktörleri göz önüne alan gıda bilimi araştırmalarını uzay psikolojisi ile birleştirmek, astronotlar için psikososyal ve psikolojik faydalar sağlayan yiyeceklerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Douglas vd., 2021, s.22). Ambalajlı ürünler, tüketilmesi ve paketlenmesi kolay olmasından ötürü uzay gıdalarının kaplanması etkin rol oynamaktadır. Bu durumda da, ambalaj malzemesi hafif olmalı ve gıda ürününün raf ömrünün uzatılmasında görev almalıdır (Long vd., 2022, s.2356).

Bu inceleme uzayda gıda evrimi, uzayda gıda görevleri, uzay beslenmesi ve uzayda gıda sınıflandırmasına kısa bir genel bakış sağlanmaktadır. Makalede ayrıca uzay yiyeceklerinin paketlenmesi, yeniliği ve uzay yolculuğu sırasında karşılaşılan zorluklar da tartışılmıştır.

## **2. Uzay Yemeği ve Gereksinimleri**

Uzay gıdası, astronotlar tarafından mikro yerçekimi ortamında tüketilmek üzere özel olarak tasarlanmış, üretilmiş ve paketlenmiş olan çeşitli gıda ürünleridir (Jiang vd., 2020, s.3573). Uzayda yemek tüketimi başlı başına çok farklı ve eşsiz bir deneyimdir. Biyolojik, mühendislik ve operasyonel faktörler dahil olmak üzere çeşitli faktörler, bir uzay gemisinde kullanıma sunulan gıdaların tasarımında kilit rol oynar (Gupta ve Gupta, 2010, s.121). Böylece, otuz günden fazla süren uzun görevler esnasında, astronotların sağlığını korumak ve ayrıca onları yer çökimsiz ortamın olumsuz etkilerinden korumak için belirli besinler tanımlanmalıdır (Lane, Smith, Rice ve Bourland, 1994, s.801).

Beslenme, sağlık ve büyüme için gerekli gıdayı sağlama veya elde etme süreci olduğu gibi, uzayda beslenme de sağlık ve büyüme için gerekli gıdayı uzayda sağlama veya elde etme sürecidir. Besinlerin depolama alanı bir sorun olduğundan, uzay kâşifleri yolculukları için yeterli yiyeceği nasıl taşıyacakları sorunuyla her zaman yüzleşmek zorunda kalmıştır. Uzun süreli uzay uçuşu, sağlığın korunması ve mikro yerçekiminin etkilerine karşı korunma için doğru miktarda besin tüketimini gerektirmektedir. Uzay uçuşu sırasında yeterli besin alımını sürdürmek, yalnızca astronotların besin ihtiyaçlarını karşılamak için değil, aynı zamanda uzay uçuşunun insan vücudu üzerindeki olumsuz etkilerine karşı koymak ve hastalıklarını önlemek için de önemlidir. Yani, yolculuk boyunca yiyeceklerin yenilebilir olması ve hastalıklardan kaçınmak için tüm besinleri sağlaması gerekmektedir. Örneğin, mikro yerçekimi nedeniyle astronotlar kalsiyum, nitrojen ve fosfor kaybetmektedir. Bu nedenle, kaybedilen bu besinlerin yiyeceklerle

geri kazanılması ihtiyacını oluşturmaktadır (Oluwafemi vd., 2018, s.2). İyi bir uzay gıdası besleyici, küçük boyutlu, hafif, taşınması ve tüketmesi kolay ve raflarda dayanıklı olmalı, titreşimlerin, radyasyonların ve düşük basıncın zararlı etkilerine dayanabilmelidir. Bununla birlikte, bir uzay görevi sırasında, astronotların besin alımları çoğu zaman yeterli olmayabilir ve vücutlarında sağlık açısından zararlı etkilere neden olabilir. Astronotlar için tasarlanan yemek sistemi, çok çeşitli öğünleri kapsamaktadır. Uzay yiyecekleri genel olarak görev tamamlama saatlerine ve astronotların tercihlerine göre sınıflandırılmaktadır (Jiang vd., 2020, s.3573).

Dengeli beslenme için, uzay ortamında gıda tüketimi ile ilgili tüm riskleri önlemek ve uzay koşullarında mikro besinlerin maksimum düzeyde korunmasını sağlamak da önemlidir. Bununla birlikte, gıda endüstrisi uzmanlarının işbirliği ile optimum çözümü bulmak için fizyologlara, kimyagerlere ve malzeme bilimcilerine ihtiyaç vardır. Yeni gıdaların geliştirilmesindeki mevcut eğilimlerin yönü önemli ölçüde değiştiğinden, araştırmacılar gıdaları zenginleştirmek için yeni yollar ve içerikler aramalıdır. Yörüngesel uzay uçuşları için rasyon, muhtemelen oldukça uzun bir süre uygulamanın özellikleri nedeniyle bir dereceye kadar özelleştirilmiş olsa da Dünya'dan sağlanan gıda ürünlerine dayalı olacaktır. Bu arada, uzun süreli görevlerin planlanmasında, yiyeceklerin çoğu uzay istasyonunda üretilirken kapalı döngü yaşam destek sistemlerini organize etmek çok önemlidir. Bununla birlikte, mürettebat işleyişinin hayati psikolojik ve sosyal yönleri dikkate alındığında, astronotların diyetinde Dünya'dan gelen gıda rezervlerini kullanmaktan vazgeçmek pek mümkün olmayacaktır. Bu gıdalar, kapalı devre sistemlerde yenilenemeyen mikro besinler içeren gıda ürünlerini veya mürettebat üyelerinin ulusal, bölgesel veya kişisel kimlikleriyle ilişkili yemekleri içerebilir. Geliştiricilerin çabalarının odak noktası, yalnızca uzay ekibinin psikolojik rahatlığını sağlamak değil, aynı zamanda fizyolojik riskleri de önlemek olmalıdır (Bychkov, Reshetnikova, Bychkova, Podgorbunskikh ve Koptev, 2021).

### **3. İlk Uzay Yemeği**

Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Veri toplama aracı olarak belge tarama yöntemi (doküman incelemesi), verilerin değerlendirilmesinde ise içerik analizi kullanılmıştır. Belge tarama belirli bir amaç doğrultusunda inceleme, kaydetme ve değerlendirme aşamalarının tümünü ifade etmektedir (Rapley, 2018). Belge tarama yönteminin en avantajlı yönü metnin değişim geçirmemiş olmasından dolayı veri toplama işleminin güvenilirlik derecesinin yüksek olmasıdır (Love, 2013). Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan içerik analizi, bir metnin sistematik, tekrarlanabilir ve geçerli çıkarımlar yapmaya dayalı bir yöntemdir (Mutlu & Doğan 2021). Sonuçların geçerliliğini sağlamak adına verilerin objektif olarak elde edilmesine azami özen gösterilmiştir. Çalışmanın güvenilirliği için içerik gastronomi konusunda uzman dört farklı araştırmacıya verilmiş ve onlardan benzer çıkarımlar alınmıştır (Bush, 2012). Çağatay Türkçesi ile yazılan Babür-nâme eserinin Reşit Rahmeti Arat tarafından günümüz Türkçesine çevrilen ve Milli Eğitim Basımevinin 1970 tarihli birinci basımı olan kitap çalışmamıza esas teşkil etmiştir (Arat, 1970). Eser gastronomi unsurları bakımından incelenirken

TDK (2019) ve Sarıışık vd. (2020)'in A'dan Z'ye gastronomi sözlüğü dikkate alınmıştır. Eser, belge tarama yöntemiyle incelenerek gastronomi unsurları tespit edilmiştir. Bu yöntem ile belirlenen gastronomi unsurları dikkate alınarak esere içerik analizi uygulanmış ve teorik ve kavramsal çerçeveye göre ana ve alt temalar oluşturulmuştur. Böylece eserdeki gastronomi unsurları tespit edilerek kategorize edilmiş ve alfabetik olarak sıralanmıştır. Kategorize edilen gastronomi unsurlarının SPSS 22 (IBM, ABD) programı ile frekans ve yüzdeleri hesaplanmıştır. Eserde bulunan gastronomi unsurlarından seçilenler pasajları ile birlikte verilmiştir. Eserden örnek gösterilen pasajlar eserde geçtiği gibi yazılmış; imla ve yazım hataları düzeltilmemiştir. Günümüz Türkçesinde karşılığı olmayan veya anlaşılmasayan bazı terimlerin anlamları için Harezmi Altınordu Türkçesi Sözlüğü (Ünlü, 2013) ve Çağatay Türkçesi Sözlüğü (Ünlü, 2014) kaynakları kullanılmıştır. Ortaya çıkan bulgular gastronomi açısından yorumlanarak sonuçlara gidilmiş ve bu doğrultuda öneriler verilmiştir.

Beslenme ihtiyacını gıda olarak veya tüketerek karşılamak, oluşturulan gıda sistemine bağlıdır. Ağırlık ve hacim, tüketim kolaylığı, hazırlama süresi ve atık malzemeler gibi kısıtlamaların dikkatli bir şekilde incelenmesi ve araştırılmasının ardından, alan için tasarlanan gıda sistemlerinde istikrarlı bir evrim olmuştur. Uzayda tüketilen ilk gıda olan elma sosu, alüminyumdan yapılmış bir tüp içinde paketlenmiş ve Merkür görevi sırasında ABD'li astronot John Glenn tarafından yenmiştir (Bourland, 1993, s.271). Merkür projesini Gemini, Apollo ve Skylab projeleri takip etmiştir.

### **3.1. Merkür Projesi**

Amerika Birleşik Devletleri'nin insanları uzaya göndermeye yönelik en önde gelen girişimi olan Merkür Projesi (Project Mercury, 1961-1963), yörünge altı uzaya ve alçak Dünya yörüngesine bir dizi tek kişilik uzay görevini içerir (Carpentier vd., 2018). Merkür Projesi, uzay uçuşu görevlerinin insan vücudu üzerindeki fizikokimyasal etkilerini gözlemlene ve inceleme fırsatı sunmuştur. Yörünge altı uçuşlar sırasında yiyecek taşınmamıştır. İyi tasarlanmış paket, kabinin gıda ile kirlenmesini engellemiştir. Tüp mamaların yanı sıra yaklaşık 0,5 inç3 büyüklüğünde küp şeklindeki mamalara da yer verilmiştir (Şekil 1). Kalori açısından zengin olan bu yiyecekler, genellikle yüksek oranda eriyen yağlar, şekerler ve kuruyemişlerin bir karışımı olarak tasarlanmıştır. Tasarlanmış küp mamaların alışımlı ağız hissi ve dokusundan yoksun olduğu gözlemlendiğinden, küplerin bir kısmı yenmeden iade edilmiştir. Bu görev sırasında yüksek kalorili, besleyici ve lezzetli yiyeceklere odaklanılmış, süresinin kısa olması nedeniyle, uçuş sırasında yiyecek depolamak için herhangi bir düzenleme yapılmamıştır (Perchonok ve Bourland, 2002, s.913).

### **3.2. Gemini Projesi**

Gemini projesi 1965'ten 1966'ya kadar, 10 görevi kapsamıştır. "Tüp gıda" ve "küp gıda", gıda sisteminin önemli bir parçasını oluşturmuştur (Şekil 1). Görev için hazırlanan yiyecekler,

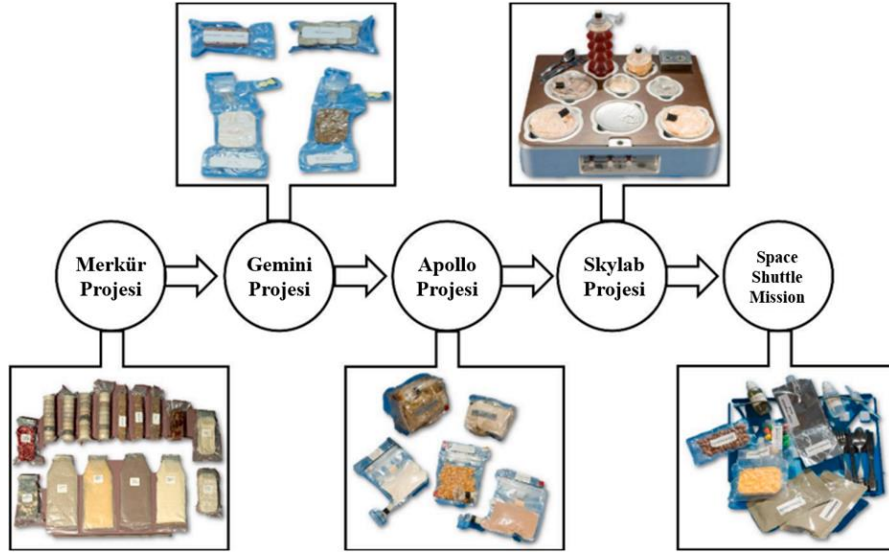
kalite güvence prosedürlerinden geçmiş ve şu anda dünya çapında gıda endüstrileri tarafından kullanılan Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) Sisteminin başlangıcı oluşmuştur. Mükemmel oksijen ve nem bariyeri özelliklerine sahip ambalaj malzemeleri, zorlu ortam koşullarına dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanmış gıdaların; bilinen içerikler kullanılarak hazırlanmasına, uygun şekilde yoğun enerjiye sahip olmasına ve yer tabanlı testlerde popülerlik kazanmasına rağmen, uzay görevi sırasında tüketilmelerinin yetersiz olduğu bulunmuştur. Tasarlanan gıdaların kabul edilebilirliğindeki bu azalma, görev sırasında mürettebatın ağırlık kaybının ana nedeni olarak kabul edilmiştir (Perchonok, Cooper ve Catauro, 2012, s.312).

### **3.3. Apollo Projesi**

Apollo, Amerika Birleşik Devletleri tarafından 1968-1972 yılları arasında düzenlenen üçüncü insanlı uzay uçuşu programı olmuş ve Amerika astronotlarına Ay'da yürüme fırsatı sağlamıştır. İlk Apollo gıda sistemi, Merkür ve Gemini'den alınan tecrübelerle dayanmıştır. Ancak daha sonraki görevlerinde, astronotlar tarafından büyük olasılıkla tercih edilen yiyecek çeşitliliğinin ve kalitesinin artmasına neden olmuştur. Kişi başına günlük yaklaşık 0,82 kg olan "Apollo 7" yemek sisteminin kütlesi, "Apollo 14" görevi sırasında kişi başına günlük 1,1 kg'a çıkmıştır. İşlenmiş yiyecekler ilk olarak uzayda Apollo astronotları tarafından tüketilmiştir (Şekil 1). Ayrıca, Apollo görevi için özel olarak geliştirilen yiyecek barları, astronotların kılıflarına doğrudan yerleştirilerek ellerine ihtiyaç duymadan yiyebilecekleri şekilde tasarlanmıştır. Bu çubukların ambalajlanması için özellikle yenilebilir filmler kullanılmıştır (Perchonok vd., 2012, s.312).

### **3.4. Skylab Projesi**

En kapsamlı metabolik çalışma projesi olan Skylab Programı (1973-74), Amerika Birleşik Devletleri'nin uzayda üstlendiği Gemini ve Apollo Programlarının doğal bir devamı olmuştur. Skylab Programı sırasında vücuttaki kardiyovasküler, kas-iskelet sistemi, vestibüler, hematolojik, metabolik ve endokrin sistemleri incelemek için deneysel protokoller geliştirilmiştir. Skylab uzay aracı, mürettebatın masa etrafında yemek yemesini kolaylaştırmak için diğer görevlerde kullanılan araçlara göre daha geniş bir iç alana sahiptir. Mürettebatın seçebileceği, dondurularak kurutulmuş, ısıyla stabilize edilmiş ve donmuş yiyeceklerin olduğu yetmiş çeşit yiyecek bulunmaktadır. Yemek tepsileri, konserve kutuları ve diğer kapları tutmak için yedi girintili açıklığa ve üçünde yiyeceği ısıtmak için ısıtıcılara sahip olacak şekilde inşa edilmiştir (Şekil 1). Dondurularak kurutulmuş tozlar şeklindeki içecekler, bir içme valfi ile donatılmış körük benzeri kaplarda ayrı ayrı paketlenmiştir. Astronotlar daha sonra tozları yeniden sulandırabilmiş ve körüğü çökerterek kaptan içebilmiştir. Skylab 4 görevi 28 gün daha uzatılmış, artan gıda talebini karşılamak için, uzatılan süre boyunca yeterli kaloriyi sağlayabilen yüksek enerjili gıda barları geliştirilmiştir (Perchonok vd., 2012, s.312).



**Şekil 1.** İlk uzay keşif görevinden günümüze uzay gıda paketlemeleri (Kumar ve Gaikwad, 2023)

Otuz yıllık bir uzay programı olan "Space Shuttle Mission" (1981-2011), Temmuz 2011'de sona ermiştir. Görevde kullanılan gıda sistemi, şu anda Uluslararası Uzay İstasyonunda (2000'den günümüze) kullanılan sistemin temelini oluşturmaktadır. Bu görevler için tasarlanan yiyecekler, uzun süreli depolama için dondurucular veya buzdolapları mevcut olmadığından, ortam sıcaklığında bozulmaya karşı dayanıklı hale gelecek şekilde üretilmiştir. Mekik görevinde yakıt tüketiminin bir yan ürünü olarak su salınmış ve bu da kuru gıdaların yeniden sulandırılmasını mümkün kılmıştır. Işınlanmış ve termostabilize edilmiş gıdalar gibi diğer gıda maddeleri, granola barlar, kuruyemişler ve kurabiyeler, ISS (Uluslararası Uzay İstasyonu) ve Shuttle programlarını desteklemiştir. Şu anda, ayrı ayrı vakumlu paketlerde paketlenmiş hardal, mayonez, domates ketçabı ve taco sosu gibi çeşniler, ISS gıda sisteminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, Uzay Mekiği ve Uluslararası Uzay İstasyonu görevleri ile uzay gıda sistemlerinde daha önceki görevlerden bu yana çok yol kat edilmiştir ve gelecekte planlanan daha uzun süreli görevlerde daha fazla ilerleme kaydedilecektir (Perchonok vd., 2012, s.321).

#### **4. Astronotların Besin İhtiyaçları**

Astronotlar sürekli mikro yerçekimi ve kozmik radyasyonun etkisi altındadır. Mikro yer çekimine ve kozmik radyasyona uzun süre maruz kalmanın, kas kütlesi kaybı, kemik erimesi, bağışıklık sisteminde zayıflama, böbrek fonksiyonlarında bozulma dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorununa neden olduğu bildirilmektedir. Nörolojik sistem tepkisizliği ve kardiyovasküler



hastalıkların gelişimi de gözlenen diğer rahatsızlıklardır. Ayrıca, mikro yerçekimi ve kozmik radyasyon, zayıflamış bağışıklık nedeniyle lösemi gibi çeşitli kanser türlerine neden olabilmektedir (Sakharkar ve Yang, 2023, s.1).

Uzayda uzun süreli insanlı görevler sırasında, gıda sisteminin oynadığı rol çok önemlidir ve hafife alınmamalıdır. Gıdalar, astronotların beslenme gereksinimlerini karşılamanın yanı sıra, bir uzay görevinin astronot bedeni üzerindeki zararlı etkilerine karşı koymaya yardımcı olur ve görev boyunca psikolojik faydalar sağlar. Uzayda beslenme, temel besinlerin sağlanması ve bağışıklık, endokrin ve kas-iskelet sistemleri gibi vücut sistemlerinin bakımı üzerinde önemli roller oynar. Merkür, Gemini ve Apollo gibi önceki görevlerde görev yapan astronotların sağlık günlüklerinin gözlemlerine dayanarak, gelecek görevler için uzay yiyeceklerinin tasarımında çeşitli değişiklikler yapılmıştır (Enrico, 2016). Bu değişiklikler, daha çok yokluklarında önemli sağlık sorunlarına yol açan besin öğeleri üzerinde olmuştur.

#### **4.1. Kalsiyum**

Kemik, ana yapısal bileşeni kalsiyum olan canlı bir dokudur. Mevcut kemik dokularının gelişimi ve minerallerin eksilmesi (rezorpsiyon olarak bilinir) dahil olmak üzere devamlı yeniden şekillenir. Yeni kemik dokularının oluşumu vücut içinde gerçekleşir. Gelişmiş kemik rezorpsiyonu ve yetersiz kemik oluşumu, kemiklerden kalsiyum kaybının birincil nedenidir ve bu da endokrin kalsiyum metabolizması düzenlemesini değiştirir (Şibonga, 2013, s.94). Uzay görevlerini güvenli bir şekilde yürütmek için mikro yerçekiminin insan iskelet sistemi üzerindeki etkileri değerlendirilmesi gerekmektedir. Enrico (2016) tarafından yürütülen bir araştırmaya göre, mikro yerçekimi, uzay uçuşları sırasında iskelette yük boşaltmasına, dolayısıyla da idrarla kalsiyum atılımının artmasına ve böbrek taşı oluşumu riskinin artmasına neden olur. Bir uzay uçuşu sırasında vücuttaki kemik mineral kaybı oranının ayda %0,5-1 olduğu tahmin edilmektedir. Hackney vd. (2015, s.3532) kemik yoğunluğundaki bu kaybın ciddi vakalarda osteoporoz ve hatta felce yol açabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle, kemik ve kalsiyum metabolizması uzay yolcuları için önemli bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Bu kemik erimesi kaybını engellemek için fiziksel, tıbbi ve beslenme yöntemleri kullanılmıştır. Uzay uçuşu ile ilgili bir çalışmada, iyi D vitamini ve beslenme durumunun yanı sıra direnç egzersizinin Uluslararası Uzay İstasyonu astronotlarında kemik mineral kaybını azaltabileceği ileri sürülmüştür (Smith vd., 2012, s.1896).

#### **4.2. D vitamini**

D vitamini vücuttaki kalsiyum metabolizması ve kemik sağlığının korunması için gereklidir. Özellikle astronotlar için diyetteki D vitamini konsantrasyonu, karşılaştıkları kemik yoğunluğu kayıpları nedeniyle daha büyük önem taşımaktadır. Esasen güneş ışığı D vitamininin kaynağıdır. Ancak uzay aracı mürettebatı zararlı radyasyondan korumak için korumalı olduğundan astronotlar bu vitamini güneşten alamazlar. Bu nedenle, diyetleri yeterli miktarda D vitamini

içermelidir. Smith, Zwart, Kloeris ve Heer (2009, s.59), Uluslararası Uzay İstasyonu astronotlarına uzun süreli uzay görevleri sırasında her gün 800 IU (Uluslararası Birim) D vitamini almaları önermişlerdir. Vücudun D vitamini durumunun korunması ve kemik erimesinin önlenmesi iki ayrı konudur, çünkü tek başına D vitamini durumunu korumak, kemik erimesini önlemede yardımcı olmayacaktır.

### **4.3. Sodyum**

Vücut sıvılarının hayati iyonlarından biri sodyumdur (Smith vd., 2009, s.47). Klorür iyonu ile birlikte sodyum, vücuttaki suyun normal dağılımını, iyonik dengeyi ve ozmotik basıncı korumak için gereklidir (Oh ve Uribarri, 1999, s.106). ABD'de 19-50 yaş arası kadın ve erkekler için önerilen diyet sodyum alımı günde 1,5 g'dır. Bununla birlikte raporlar, astronotların uzayda dünyada olduğundan daha fazla sodyum tüketme eğiliminde olduklarını göstermiştir. Smith vd. (2009, s.47)'ne göre, uzay uçuşlarında sodyumun diyet gereksinimi hem erkekler hem de kadınlar için 1,5-2,3 g/gün olarak önerilmektedir. Yüksek sodyum alımı gece görüşünde sorunlara ve idrar yoluyla artan kalsiyum salınımına neden olarak böbrek taşı oluşumu riskine neden olabilmektedir. Siyah tuz veya kaya tuzu ile formüle edilen uzay gıdası, bu sorunların çözülmesine yardımcı olabilir. Çünkü bu tuzlar, deniz tuzuna kıyasla daha az miktarda sodyum içermektedir.

### **4.4. A vitamini**

A vitamini, yapı ve biyolojik aktivite açısından retinole benzeyen, yağda çözünen bir grup bileşiği belirtmek için kullanılan bir terimdir. Bu vitamin, en önemlisi görmenin korunması olmak üzere çeşitli vücut fonksiyonlarında önemli bir rol oynamaktadır. Uzay çalışmalarında bulunan astronotların görme yeteneklerinde değişiklikler olduğu yakın zamanda fark edilen bir konudur. "NASA Astronotlarda Katarakt Çalışması" adlı çalışmanın ilk raporunda, astronotların besin alımını tahmin etmek için bir anket kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre astronotlarda β-karoten ve likopen alımının bazı katarakt türleri için koruyucu bir etkiye sahip olduğuna dair kanıt sağlanmıştır (Tietz, Pruden ve Siggaard-Andersen, 1994, s.1354). Agte ve Tarwadi (2010, s.166), antioksidanlar ve kataraktlar arasında bir ilişki olduğunu gösteren yeterli kanıt olduğunu bildirmiştir. Mader vd.'ne göre (2021, s.2058), gözde meydana gelen sıvı kaymaları göz içerisinde intrakraniyal basıncı arttırarak gözde retinal değişikliklere neden olmaktadır. Zwart vd. (2012, s.427) yeterli miktarda B12 vitamini, folat, antioksidanlar ve A vitamini içeren bir diyetle birlikte direnç egzersizinin bu tür sorunlarla mücadelede yardımcı olabileceğini ortaya koymuştur. Fonksiyonel gıdaların ve A ve B12 vitamini ile güçlendirilmiş gıdaların uzay gıdalarına dahil edilmesi, uzayda görme ile ilgili sorunların iyileştirilmesine yardımcı olabilir. Kabak, lahanaya, sığır eti, havuç, ıspanak ve marul gibi malzemeler, astronotların bu tür sorunlardan uzak tutması için menüler tasarlanırken kullanılabilir.

#### **4.5. Demir**

Demir, insan vücudunun temel elementlerinden biridir ve ayrıca çeşitli enzimlerle birlikte hemoglobinin bir parçasıdır. Elektron taşıma sisteminde (enerji üretimi için gerekli olan), oksijen taşınmasında, bağışıklık fonksiyonunda ve lipid metabolizmasında yer almaktadır. Uzay uçuşunun ilk günlerinde vücutta hematolojik değişiklikler görülmeye başlar. Fischer, Johnson ve Berry (1967, s.579), bu değişikliklerin ilk olarak 1960'larda düzenlenen Alman görevlerinde gözlemlenen 'uzay uçuşu anemisi' adı verilen bir fenomene yol açtığını ortaya çıkarmıştır. Uzay uçuşunun ilk 10-14 gününde kırmızı kan hücresi kütlelerinde %10-15 oranında bir kayıp meydana gelebilmektedir. Uzay uçuşunun ilk birkaç haftasında kırmızı kan hücrelerinin kütlelerindeki bu azalma, artan demir deposunu gösteren serum ferritin artışı, transferrin reseptörlerinde azalma ve serum demirinde artış meydana getirmektedir (Alfrey, Udden, Leach-Huntoon, Driscoll ve Pickett, 1996, s.98; Smith, Zwart, Block, Rice ve Davis-Street, 2005, s.437). Bu fazla vücut demiri, bir oksidan gibi davranma potansiyeline sahiptir ve bu nedenle vücut hasarına yol açmaktadır. Smith ve vd. (2009, s.100), uzay görevleri sırasında hem kadınlar hem de erkekler için günde 8-10 mg diyet demir alımı önermektedir.

#### **4.6. Enerji**

Enerji, tüm vücut fonksiyonlarını yerine getirmek için gerekli olan, yağlar, proteinler, karbonhidratlar gibi karmaşık gıda bileşenlerinin oksidasyonu ile elde edilen, yaşamın önemli bir parçasıdır. Uzay uçuşu sırasında istemli besin alımının her zaman yeryüzünde olduğundan daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu azaltılmış diyet alımı, vücut kütleleri, kemik ve yağsız doku kaybı riskini oluşturmaktadır. Vücut kütlelerindeki %4-5'lik kayıplar uzun süreli uçuşlarda gözlenir ve büyük ihtimalle yetersiz beslenme ve enerji dengelerinin bozulmasından kaynaklanır (Schneider vd., 1995, s.463; Heer, De Santo, Cirillo ve Drummer, 2001, s.691). Altı aylık bir görevin sonunda vücut kütlelerinin uçuş öncesi temel çizginin birkaç kilogram altına düşmesi olağan bir durumdur. Ancak bazı durumlarda vücut kütlelerindeki kayıplar %10-15'e kadar çıkabilmektedir. Skylab görevi sırasında astronotlara önceden tanımlanmış bir yemek sağlanarak diyetleri kontrol edilmiştir. Daha sonraki Shuttle ve Mir görevleri için, önceden paketlenmiş gıdalar ve bir barkodlama sistemi kullanılarak diyetleri doğru bir şekilde kaydedilmiştir (Baker, Barratt, Sams ve Wear, 2019, s.385). Uzayda pozitif enerji alımını sürdürmek önemlidir. Çünkü dünyada negatif bir enerji alımı vücudun yağları tarafından dengelenebilirken, uzayda bu denge sağlanamayabilir. Kronik enerji eksiklikleri, vücudun enfeksiyonlara ve hastalıklara karşı duyarlılığının artmasıyla birlikte, artan vücut ağırlığı kaybı, azalan fiziksel performans ve artan yorgunluk ile sonuçlanabilir (Stein, 2001, s.87).

### **5. Uzayda Beslenme Sistemi ve Etkili Olan Faktörler**

Bir uzay görevi için gıda sistemi oluştururken; görev süresi, menü döngüsü, gereken yiyecek miktarı, yiyeceğin raf ömrü ve yiyecek ürünlerinin çeşitliliği dahil olmak üzere bir birçok

faktör ve sınırlama ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gıda sistemi, diğer görev parametrelerinin yanı sıra görevin tıbbi gereksinimlerini de karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.

NASA 'Artemis programı' (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi öncülüğünde, Avrupa Uzay Ajansı, Japonya Uzay Araştırma Ajansı ve Kanada Uzay Ajansı gibi uluslararası ortaklarla birlikte yönetilen robotik ve insanlı Ay keşif programı) ile insanların Ay'da uzun süreli varlığının temellerini atmayı planlamaktadır. Bu tür uzun süreli uzay görevleri, gıda mühendisleri ve bilim adamları için daha büyük zorluklar oluşturmaktadır. Çünkü, bu görev süresinde gıdanın kalitesinin stabil kalacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca, tahmini süresi 2,5 yıl olan Mars görevi de gelecek yıllar için planlanmaktadır. Bu süre boyunca gıda kalitesinin korunmasını sağlamak zor olduğundan, paketlenmiş gıdaya olan bağımlılığı azaltmak için geçerli bir seçenek, uzayda bitki yetiştirmektir. Bazı çalışmalar, Çin lahanası, marul, bezelye gibi mahsullerin yetiştirilmesini mümkün kılmıştır (Heiney, 2017). Bu sayede, uzay görevi sırasında yiyeceklerin işlenmesi ve paketlenmesi, fazla ürünü daha sonra kullanmak üzere depolamak ve korumak için bir olasılık haline gelmiştir. Astronotlara yeterli çeşitlilikte yiyecek sunmanın yanı sıra yukarıda belirtilen kısıtlamaları da karşılayan bir uzay besin sistemi tasarlamak ve geliştirmek için ciddi ve yoğun bir çaba gerekmektedir.

### **5.1. Uzay Yemeklerinin Tasarlanması**

Uzay beslenmesinin temel amacı, yiyecek yorgunluğunu en aza indirmek ve yiyecek kabulünü artırmak için ilginç yiyecek seçenekleriyle uzay ortamına uygun bir yemeği astronotlara sağlamaktır. Bununla birlikte, gıda alımını ve kabul düzeyini etkileyen birçok psikolojik değişiklik meydana gelir. Bu da astronotların stres düzeylerinin artmasına, yetersiz beslenmesine ve rahatsız edici davranışlarına yol açar. Uzayda sıfır yerçekimi gibi çevresel değişiklikler nedeniyle, yüksek yoğunluklu radyasyona maruz kalındığında vücutta çok sayıda değişiklik meydana gelmektedir (Pometto ve Bourland, 2003). Belirtiler arasında, merkezi sinir sisteminin bozulmasına yol açan (mide hareketlerini kontrol eden) huzursuzluk, kusmaya yol açan ani sıvı değişimi, kanda değişikliklere neden olan dengesiz su içeriği, midenin zayıflamasına neden olan gastrointestinal yolunun hasar görmesi ve sıfır yerçekimi nedeniyle kulak reseptörlerindeki değişiklikler olmaktadır (Douglas, Zwart ve Smith, 2020, s.2243). Bu nedenle, uzay yemeği yapılırken ekstra besleyici yiyecekler eklenmelidir. Ayrıca bir astronotun uzay görevi sırasında karşılaşılabileceği yalnızlık, uykusuzluk, zayıf konsantrasyon, kaygı ve sınırlılık gibi bazı psikolojik değişiklikler uzay yiyeceği geliştirirken göz önünde bulundurulmalıdır (Varese ve Cane, 2017, s.2449).

Uzay gıda ürünleri, azaltılmış lif ve yağ içeriği yüzdesini ve artan karbonhidratı içermektedir. Protein içeriği toprak gıdası gibidir ve UV ışığı bulunmadığından D vitamini alımı daha azdır (Whitehurst ve Bourland, 1992). Vücudun biyolojik saatindeki bozulma ve besin alımındaki azalma nedeniyle, yiyeceklerle ilgili tat algısı değişir. Dolayısıyla, dünyada tadı güzel

olan yiyecekler uzayda çekici görünmeyebilmektedir (Bhatia, 2018, s.3). Kalsiyum düzeylerinin düşmesi kalsiyum kaybına, kalsiyum düzeyinin artması ise böbrek taşlarına yol açabileceğinden dengeli kalsiyum ve demir alımı yapılmalıdır (Smith vd. 2012, s.1897). Benzer şekilde, uzayda demir ihtiyacı daha azdır, ancak demir seviyeleri çok düşükse, kan hücrelerinin daha az üretilmesine, çok fazla demir varsa tüketildiğinde baş dönmesi, toksisite, nefes darlığı, kilo kaybı ve baş ağrısına neden olabilmektedir. Ayrıca, aşırı demir, çinko tüketimine karşı bir engel görevi görerek karaciğer hasarına, artrite ve kalp problemlerine yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, iyot toksisitesi, eksikliğinden daha zararlıdır (Bychkov vd., 2021). Uzay radyasyonu nedeniyle B vitaminleri yok olmaktadır (Ruge, 2004, s.2693). Ek olarak, A vitamini ve beta karoten, C vitamini (askorbik asit) ve E vitamini (tokoferoller) uzaydaki en savunmasız antioksidanlardır. Uzay yolculuğunda iyonlaştırıcı radyasyonlar nedeniyle lipid peroksidasyonu, DNA mutasyonu ve protein disfonksiyonu meydana gelebilmektedir (Bychkov vd., 2021).

### **Alternatif Uzay Yemeği: Enerji Topları**

Dünyanın dört bir yanında astronotların uzun yolculuklarda ihtiyaç duyduğu yiyecek ve erzak miktarını ve yarattıkları israfı azaltmak için çalışmalar yapılmaktadır. Catauro ve Perchonok (2012, s.30) tarafından yürütülen bir çalışmada, menü geliştirme çalışmaları ile uzay gıda sisteminin kütleinde önemli bir azalmanın mümkün olduğu bulunmuştur. Çalışma, mürettebata sağlanan toplam kalori miktarını korumayı, ancak yağdan elde edilen enerji yüzdesini maksimize ederek menü öğelerinin kalori yoğunluğunu artırmayı amaçlamaktadır. Çalışma sonucunda, bilim adamları, astronotların kahvaltı için ikame edebileceği, kalorisi yoğun yiyecek çubukları geliştirmiştir. Her çubuk kabaca 700-800 kalori içermekte, böylece astronotlar atıştırmalıkların tadını çıkarırken vücut ağırlıklarını iyi tutmaları sağlanmaktadır. Dolayısıyla, Shuttle görevinden bu yana granola barlar tipik bir menü seçeneği olmuştur. NASA'daki bilim adamları şu anda yemek çubuklarının mürettebatın moralini nasıl etkileyeceğini araştırmaktadır.

Astronotların beslenmesi için gerekli faktörler göz önünde bulundurulduğunda, potansiyel enerji ve besin açısından yoğun uzay yiyecekleri "A vitamini açısından zengin enerji topları" olabilir. Bu küresel yiyecek çubukları, uzayda astronot sağlığını korumak için gerekli besinleri içerecektir. Bu ara öğünde A vitamininin en büyük katkısını verecek ürün olarak balkabağı seçilmiştir (Dar, Sofi ve Rafiq, 2017, s.167). Balkabağı pro-vitamin A şeklinde insan beslenmesinde önemli bir rol oynayan karotenoidlerin mükemmel bir kaynağı olarak işlev görmektedir (Al Zuhairi ve Doğan, 2021, s.254). Lif sağlayan bileşenler, amarant unu, yassı pirinç ve chia tohumları olacaktır. Zengin bir lif kaynağı olmasının yanı sıra, amarant aynı zamanda mükemmel bir B6 vitamini ve magnezyum, bakır, demir ve potasyum gibi mineraller kaynağıdır (Maurya ve Arya, 2018, s.2260). Chia tohumlarının antioksidanlarla yüklü olduğu ve böylece vücudu serbest radikal hasarlarından koruduğu bilinmektedir. Chia tohumlarındaki polifenollerin varlığının onları oksidatif bozulmadan koruduğu bildirilmiştir (Ullah vd., 2016, s.1750). Doğal tatlandırıcı olarak ise

bal ve hurma püresi eklenebilmektedir. Bogdanov, Jurendic, Sieber ve Gallmann'a göre (2008, s.677), balın düşük su aktivitesi ve düşük pH'ı, ürünün raf ömrünü artırmaya yardımcı olan antibakteriyel ve antifungal özelliklerden sorumludur. Hurma ise önemli miktarda demir ve kalsiyum içerir. Doğal tatlandırıcıdır, kolesterol ve yağ içermez (Amanat, Waly, Mohamed Essa ve Devarajan, 2012, s.363). Son araştırmalara göre, hurma ve sulu ekstraktları, serbest radikal temizleme aktivitesi, serbest radikal aracılı makromoleküler hasarların inhibisyonu, anti-mutajenik ve immün modülatör aktiviteler sergilemiştir (Allaith, 2008, s.1033). Çökmüş ve zengin bir tat vermek için bu çerez toplarına çikolata eklenebilmektedir.

## 5.2. Uzay Yemeklerinin Üretilmesi

Uzun süreli keşif görevleri sırasında astronotların tüketimi için çeşitli yiyecekler tasarlanır, işlenir ve yenilir. Ancak uzay kâşifleri tarafından tüketilen yiyecek, Dünya'da tüketilenden %70 daha azdır (Cooper, Douglas ve Perchonok, 2011, s.41). Sağlanan yiyecek, dünya mutfağı ile aynıdır. Bununla birlikte, uzay yiyeceğinin ambalajı ve tasarımı, mikro yerçekimi ortamında tüketilen yiyecekleri içerdiğinden normal yiyeceklerden farklıdır. Sıvılar veya ekmek kırıntıları gibi yiyecekler, özellikle sıcak sıvılar, boğulmaya neden olabileceği ve astronotun hayatı için ölümcül olabileceği için mekiğin içine sızmayacak şekilde dikkatli bir şekilde muhafaza edilmelidir (Warde, 1999, s.518). Genellikle kahve, çay, elma suyu, portakal suyu gibi içecekler toz halde saklanır, bunlar özel bir tüpten su ilave edilerek rehidre edilebilir. Ayrıca sandviçler için unlu tortillalar ve tuz, biber gibi sıvı formdaki gıdalar kullanılırken çeşniler (hardal, ketçap, mayonez) standart formlarda sunulmaktadır (Thurmond, Gillan, Perchonok, Marcus ve Bourland, 1986). Ek olarak, uzay mekiği içindeki bir çöp sıkıştırıcıya atıldığında çok az yer kapladığı için en etkili ve kullanımı kolay paketleme türü esnek paketlemedir (Gupta & Gupta, 2010, s.122).

Uzay ortamı ve sınırlamaları nedeniyle, uzaya getirilen yiyeceklerin türü dikkatle incelenmelidir. Astronotların sağlığı, gıda tasarımındaki biyolojik faktörlere bağlıdır. Yiyecekler güvenli, besleyici ve lezzetli olmalıdır. Ayrıca sindirimi kolay olmalı ve gastroenterolojik veya hijyen sorunlarına neden olmamalıdır. Mühendislik faktörleri, paketin ve yiyeceğin ağırlığının yanı sıra saklama için ne kadar kompakt olduklarıyla ilgilenir. Uzun yolculuklar, uçuşun sıcaklığına, basıncına, ivmesine ve titreşimine de dayanması gereken büyük miktarlarda yiyecek gerektirir. Yiyeceklerin daha hafif, daha kompakt ve bozulma olasılığının daha düşük olması için kurutulması gerekir. Araç kütlesi (ağırlığı), uzay aracının en kritik yönlerinden biridir, çünkü ağırlık arttıkça yakıt ve dolayısıyla gereken maliyet de artar. Operasyonel faktörler hem gıdayı hem de ambalajını içerir. Gıdanın raf ömrü uzun (30 günden fazla) olmalı ve kolay kullanım için gıda ve kabı hafif olmalıdır. Mikro yerçekiminde nesnelere hareket ettirmenin zorluğuna ek olarak, astronotların yapacak işleri olabilir. Bu nedenle, zamandan tasarruf etmek için yiyeceklerin hem hazırlanması hem de atılması kolay olmalıdır (Gupta & Gupta, 2010, s.123). Mühendislik faktörleri, gıdanın ve ambalaj malzemelerinin ağırlığının kontrol edilmesini içerir.

Uzaydaki yiyecek ve içeceklerin raf ömrünü uzatmak için basınca, dış atmosfere ve sıcaklığa dayanmalı ve oksijen seviyesini korumalıdır (Kim ve Rhee, 2020, s.275).

### **5.3. Uzay Yemeklerinin Ambalajlanması**

Koruma ve saklama ambalajın en önemli işlevlerinden biridir. Ambalaj, ürün ile çevre arasında bir bariyer görevi görerek gıdayı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal saldırılardan korur ve böylece ürünün raf ömrünü uzatır. Ambalaj malzemesinin seçimi büyük ölçüde gıda hazırlama yöntemine ve prosedürüne bağlıdır.

Caraccio ve Hintze'e göre (2013), uzay yolculuklarında görev atığının %40'ından fazlası gıda ambalajlarından kaynaklanmaktadır. Depolanan atık, hijyen sorunları oluşturabilmekte ve görev faaliyeti için kullanılabilir alanı işgal edebilmektedir. Merkür ve Gemini görevlerinde, püre gıdalar ve küçük gıdaları sıkıştırılmış bir şekilde içeren tüpler ve küpler kullanılmıştır. Apollo görevi sırasında, yeniden hidratlanabilir gıdalar için esnek olmayan ve daha sert paketler kullanılmış, ancak bu tür paketler parçalanmadığı ve fazla yer kaplamadığı için günümüzde yerini esnek poşetlere bırakmıştır (Perchonok vd., 2012, s.313). Nihayetinde asıl amaç, ambalaj atıklarını azaltmak ve besinlerin stabilitesini iyileştirmek ve böylece daha uzun bir raf ömrü elde etmek için yenilikçi ambalajlar gerekmektedir.

Retort (sterilizasyona uygun) poşetler, metal folyo ve esnek plastik laminasyonundan yapılmış yumuşak ve esnek ambalajlardır. Genellikle çorbalar ve süt ürünleri gibi termostabilize edilmiş ve ışınlanmış gıdaların paketlenmesi için kullanılır. Bu ambalaj, uzun bir raf ömrü (3-5 yıla kadar) sağlar ve sert metal kutuların yerini alabilmektedir (Cooper ve Douglas, 2015)

Gelecekteki NASA misyonları için planlanan gıda sistemleri, mürettebatın beslenme ihtiyaçlarını karşılamalı, tüketim için kabul edilebilir olmalı ve kaynakları verimli bir şekilde kullanmalıdır. Önceden paketlenmiş, orta derecede stabilize edilmiş gıda maddelerinden oluşan mevcut gıda sistemi Uluslararası Uzay İstasyonu görevleri için iyi çalışsa da, mevcut uzay menü maddelerinin çoğu 2 yıldan fazla kabul edilebilirliği (kalitesini) ve/veya besleyici değerini koruyamamaktadır. Daha uzun uzay görevleri için gıda sisteminin ikmal olmaksızın 3 ila 5 yıl sürdürebilmesi gerekmektedir. "Ürün, Paket, Süreç ve Çevrenin Entegrasyonu: Bir Gıda Sistemi Optimizasyonu" görevi, ürün tarifi ayarlamaları, yeni paketleme ve işleme teknolojileri ve değiştirilmiş depolama koşulları aracılığıyla uzay-gıda sistemi için gıda-ürün raf ömrünü optimize etme hedefine sahiptir (Bychkov vd., 2021).

## **6. Sonuç**

Son yüzyılda insanlar uzayı keşfetmek için çeşitli görevler düzenlemiştir. Astronotların giriştikleri her görevde beslenme konuları da daha fazla önem kazanmaktadır. Dahası, uzayın ortamı dünyadan çok daha farklıdır ve bu da bir uzay görevi sırasında daha büyük zorluklar oluşturmaktadır. Uzaydaki mikro yerçekimi ortamı insan vücudunu önemli ölçüde etkiler. Ancak,

yeterli bir gıda sistemi yürürlükte olduğunda, bu endişeler ve olumsuz etkiler ortadan kaldırılabılır veya azaltılabilir. Astronotlar için yiyecek geliştirirken, yanlış enerji alımı, vitamin ve mineral eksiklikleri, çevre sorunları ve uzay endişeleri ile ilgili birçok kısıtlama ortaya çıkar. Yemekler besleyici, kompakt, lokma büyüklüğünde, kırıntı içermeyen, tüketilmesi kolay, enerjisi yoğun ve rafta dayanıklı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu besinler son derece dayanıklı, yüksek enerji yoğunluğuna sahip, inanılmaz derecede besleyici ve taşınabilir olmalıdır. Ayrıca, çeşitli tüketiciler için farklı gıda türleri dikkate alınmalıdır. Paketlemedeki ve diğer uzay gıdaları teknolojisindeki gelişmeler, uzay menüsüne daha çeşitli gıda maddelerinin dahil edilmesini mümkün kılmakta ve astronotların beslenme gereksinimlerini karşılamalarını sağlamaktadır. Astronotların beslenmesi için gerekli olan gıdaların üretiminin geleceğinin, 3D gıda baskısı ve bahçe düzenlemesi gibi teknolojik gelişmelerle şekilleneceği düşünülmektedir. Uzayda taze sebze yetiştirme girişimleri başarılı olmuştur, böylece paketlenmiş gıdaların bir kısmının taze yetiştirilmiş malzemeler kullanılarak hazırlanan gıdalarla değiştirilmesi mümkün olmaktadır. Daha uzun bir raf ömrü elde etmek için yeni teknolojilerin yaratılması veya çok sayıda mevcut teknolojinin birlikte kullanılması gerekir. Bu durum, yalnızca son derece uzun bir raf ömrü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda özel gıdaların belirli fonksiyonel özelliklerini de sağlar. Fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler de sağlık etkilerine dair kapsamlı bir çalışma yapıldıktan sonra, gelecekteki görevler için gıda sistemlerinin bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Yeni gıda sistemlerinin geliştirilmesi, gelecekteki görevlerin yerine getirilmesi için çok önemlidir. Bir uzay görevi sırasında astronotların beslenme durumu ve vücut gereksinimleri ile ilişkili hastalıklar hakkında daha fazla araştırma yapılması faydalı olacaktır.

## KAYNAKÇA

AGTE, V. & TARWADI, K. (2010). The importance of nutrition in the prevention of ocular disease with special reference to cataract. *Ophthalmic Research*, 44(3), 166-72. doi: 10.1159/000316477.

AL ZUHARI, S. & DOĞAN, M. (2021). Fonksiyonel Gıdaların Gastronomideki Önemi, *ART/icle: Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(2), 249-267.

ALFREY, C.P., UDDEN, M.M., LEACH-HUNTOON, C., DRISCOLL, T., PICKETT, M.H. (1996). Control of red blood cell mass in spaceflight. *Journal of Applied Physiology*, 81(1), 98-104. doi: 10.1152/jappl.1996.81.1.98.

ALLAITH, A.A.A. (2008). Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(6), 1033-1040. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01558.x.



AMANAT, A., WALY, M., MOHAMED ESSA, M. & DEVARAJAN, S. (2012). Nutritional and medicinal value of date fruit. In book: Dates: Production, Processing, Food, and Medicinal Values. Publisher: CRC press, pp. 361-376.

BAKER, E.S., BARRATT, M.R., SAMS, C.F. & WEAR, M.L. (2019). Human response to space flight. In: Principles of clinical medicine for space flight. New York, NY: Springer, pp. 367-411.

BERGOUIGNAN, A., STEIN, T.P., HABOLD, C., COXAM, V., O' GORMAN, D. & BLANC, S. (2016). Towards human exploration of space: the THESEUS review series on nutrition and metabolism research priorities. NPJ Microgravity, 2:16029. doi: 10.1038/npjmgrav.2016.29.

BHATIA, S. (2018). Predicting risk perception: new insights from data science. Management Science, Articles in Advance, 65(8), 1-24. doi: 10.1287/mnsc.2018.3121.

BYCHKOV, A., RESHETNIKOVA, P., BYCHKOVA, E., PODGORBUNSKIKH, E., KOPTEV, V. (2021). The current state and future trends of space nutrition from a perspective of Astronauts' physiology. International Journal of Gastronomy and Food Science, 24, 100324. doi: 10.1016/j.ijgfs.2021.100324.

BOGDANOV, S., JURENDIC, T., SIEBER, R. & GALLMANN, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. Journal of the American College of Nutrition, 27(6), 677-89. doi: 10.1080/07315724.2008.10719745.

BOURLAND, C.T. (1993). The development of food systems for space. Trends in Food Science & Technology, 4(9), 271-276. doi: 10.1016/0924-2244(93)90069-M.

CARACCIO, A.J. & HINTZE, P.E. (2013). Trash-to-gas: converting space trash into useful products. Proceedings of the 43rd International Conference on Environmental Systems. Available from: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20130011661>. doi.org/10.2514/6.2013-3440.

CARPENTIER, W.R., CHARLES, J.B., SHELFHAMER, M., HACKLER, A.S., JOHNSON, T.L., DOMINGO, C.M.M., SUTTON, J.P., SCOTT, G.B.I. & WOTRING, V.E. (2018). Biomedical findings from NASA's Project Mercury: a case series. npj Microgravity, 4, 6. doi: 10.1038/s41526-018-0040-5.

CATAURO, P.M. & PERCHONOK, M.H. (2012). Assessment of the long-term stability of retort pouch foods to support extended duration spaceflight. Journal of Food Science, 77(1), S29-39. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02445.x.

COOPER, M.R. & DOUGLAS, G.L. (2015). Integration of product, package, process, and environment: A food system optimization. In edited by NASA.

COOPER, M., DOUGLAS, G. & PERCHONOK, M. (2011). Developing the NASA food system for long-duration missions. *Journal of Food Science*, 76(2), 40-48. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01982.x.

DAHLAN, H.A. (2019). Possible Malaysian contributions to future space food during a long-duration space mission. *ASM Science Journal*, 12(2), 162-71.

DAR, A.H., SOFI, H.A. & RAFIQ, S. (2017). Pumpkin the functional and therapeutic ingredient: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2(6), 165-170.

DOUGLAS, G.L., ZWART, S.R. & SMITH, S.M. (2020). Space Food for Thought: Challenges and Considerations for Food and Nutrition on Exploration Missions. *Journal of Nutrition*, 150(9), 2242-2244. doi: 10.1093/jn/nxaa188.

DOUGLAS, G.L., COOPER, M.R., WU, H., GAZA, R., GUIDA, P. & YOUNG, M. (2021). Impact of galactic cosmic ray simulation on nutritional content of foods. *Life Sciences in Space Research*, 28, 22–25. doi: 10.1016/j.lssr.2020.12.001.

ENRICO, C. (2016). Space nutrition: The key role of nutrition in human space flight. arXiv:1610.00703. doi: 10.48550/arXiv.1610.00703.

FISCHER, C.L., JOHNSON, P.C. & BERRY, C.A. (1967). Red blood cell mass and plasma volume changes in manned space flight. *JAMA*, 200(7), 579-83. doi:10.1001/jama.1967.03120200057007.

GUPTA, C. & GUPTA, S. (2010). Food for space. *International Journal of Biological Technology*, 1(1), 121-123.

HACKNEY, K.J., SCOTT, J.M., HANSON, A.M., ENGLISH, K.L., DOWNS, M.E. & PLOUTZ-SNYDER, L.L. (2015). The astronaut-athlete: Optimizing human performance in space. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3531-45. doi: 10.1519/JSC.0000000000001191.

HEER, M., DE SANTO, N.G., CIRILLO, M. & DRUMMER, C. (2001). Body mass changes, energy, and protein metabolism in space. *American Journal of Kidney Diseases*, 38(3), 691-5. doi: 10.1053/ajkd.2001.27767.

HEINEY, A. (17.02.2017). Cabbage Patch: Fifth Crop Harvested Abroad Space Station. Erişim tarihi: 25.04.2023. <https://www.nasa.gov/feature/cabbage-patch-fifth-crop-harvested-aboard-space-station>.

JIANG, J., ZHANG, M., BHANDARI, B. & CAO, P. (2020). Current processing and packing technology for space foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(21): 3573-88. doi: 10.1080/10408398.2019.1700348.

KIM, H.W. & RHEE, M.S. (2020). Space food and bacterial infections: Realities of the risk and role of science. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 275–287. doi: 10.1016/J.TIFS.2020.10.023.

KUMAR, L. & GAIKWAD, K.K. (2023). Advanced food packaging systems for space exploration missions. *Life Sciences in Space Research*, 37, 7-14. doi: 10.1016/j.lssr.2023.01.005.

LANE, H.W., SMITH, S.M., RICE, B.L. & BOURLAND, C.T. (1994). Nutrition in space: lessons from the past applied to the future. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60(5): 801S-805S. doi: 10.1093/ajcn/60.5.801S PMID: 7942590.

LONG, Y., ZHANG, M., DEVAHASTIN, S. & CAO, P. (2022). Progresses in processing technologies for special foods with ultra-long shelf life. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(9), 2355-2374. doi: 10.1080/10408398.2020.1853034.

MADER, T.H., GIBSON, C.R., PASS, A.F., KRAMER, L.A., LEE A.G., FOGARTY, J., TARVER, W.J., DERVAY, J.P., HAMILTON, D.R., SARGSYAN, A., PHILLIPS, J.L., TRAN, D., LIPSKY, W., CHOI, J., STERN, C., KUYUMJIAN, R. & POLK, J.D. (2011). Optic disc edema, globe flattening, choroidal folds, and hyperopic shifts observed in astronauts after long-duration space flight. *Ophthalmology*, 118(10), 2058-2069. doi: 10.1016/j.optha.2011.06.021.

MAURYA, N.K. & ARYA, P. (2018). Amaranthus grain nutritional benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2258-2262.

OH, M.S. & URIBARRI, J. (1999). Electrolytes, water, and acid-base balance. In: *Modern nutrition in health and disease*. 9th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, pp. 105-140.

OLUWAFEMI, F.A., de La TORRE, A., AFOLAYAN, E.M., OLALEKAN-AJAYI, B.M., DHITAL, B., MORA-ALMANZA, J.G., POTRIVITU, G, CREECH, J. & RIVOLTA, A. (2018). Space food and nutrition in a long term manned mission. *Advances in Astronautics Science and Technology*, 1, 1-21. doi: 10.1007/s42423-018-0016-2.

PERCHONOK, M. & BOURLAND, C. (2002). NASA food systems: past, present, and future. *Nutrition*, 18(10), 913–920. doi: 10.1016/s0899-9007(02)00910-3.

PERCHONOK, M.H., COOPER, M.R. & CATAURO, P.M. (2012). Mission to Mars: Food production and processing for the final frontier. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 311-330. doi: 10.1146/annurev-food-022811-101222 PMID: 22136130.

PHIMOLSIRIPOL, Y. & SUPPAKUL, P. (2016). Techniques in shelf life evaluation of food products. In *Reference module in food science*, ed. G. W. Smithers, 1–8. Amsterdam: Elsevier.

POMETTO, A. & BOURLAND, C. (2003). "NASA Food Technology Commercial Space Center Mission and Activities," SAE Technical Paper 2003-01-2375. doi: 10.4271/2003-01-2375.

RUGE, B. (2004). Risk Matrix as Tool for Risk Assessment in the Chemical Process Industries, In: C. Spitzer, U. Schmocker, V.N. Dang (Eds.), Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7-ESREL '04. pp. 2693. Springer.

SCHNEIDER, V., OGANOV, V., LEBLANC, A., RAKMONOV, A., TAGGART, L., BAKULIN, A., HUNTOON, C., GRIGORIEV, A. & VARONIN, L. (1995). Bone and body mass changes during space flight. *Acta Astronautica*, 36(8-12), 463-6. doi: 10.1016/0094-5765(95)00131-x.

SAKHARKAR, A. & YANG, J. (2023). Designing a novel monitoring approach for the effects of space travel on astronauts' health. *Life*, 13(2), 576. doi.org/10.3390/life13020576

SIBONGA J.D. (2013). Spaceflight-induced bone loss: Is there an osteoporosis risk? *Current Osteoporosis Reports*, 11(2): 92-98. doi: 10.1007/s11914-013-0136-5 PMID: 23564190.

SMITH, S.M., HEER, M.A., SHACKELFORD, L.C., SIBONGA, J.D., PLOUTZ-SNYDER, L. & ZWART, S.R. (2012). Benefits for bone from resistance exercise and nutrition in long-duration spaceflight: Evidence from biochemistry and densitometry. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 27(9), 1896-1906. doi: 10.1002/jbmr.1647.

SMITH, S.M., ZWART, S.R., BLOCK, G., RICE, B.L. & DAVIS-STREET, J.E. (2005). The nutritional status of astronauts is altered after long-term space flight aboard the International Space Station. *Journal of Nutrition*, 135(3), 437- 43. doi: 10.1093/jn/135.3.437.

SMITH, S.M., ZWART, S.R., KLOERIS, V. & HEER, M. (2009). Nutritional biochemistry of space flight. In: *Space science, exploration and policies series*. Nova Science Publishers Incorporated, New York. Available from: [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nutritional\\_biochemistry\\_of\\_space\\_flight\\_-fpdis.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nutritional_biochemistry_of_space_flight_-fpdis.pdf)

STEIN, T.P. (2001). Nutrition in the space station era. *Nutrition Research Reviews*, 14(1), 87-118. doi: 10.1079/NRR200119.

THURMOND, B.A., GILLAN, D.J., PERCHONOK, M.G., MARCUS, B.A. & BOURLAND C.T. (1986). Space Station Food System, SAE Technical Paper 860930, Intersociety Conference on Environmental Systems. doi: 10.4271/860930.

TIETZ, N.W., PRUDEN, E.L. & SIGGAARD-ANDERSON, O. (1994). Electrolytes. In: Burtis C.A. & Ashwood E.R., eds. *Tietz Textbook of Clinical Chemistry* (2nd ed). Philadelphia: W.B. Saunders Company, London, 1354-1374.

ULLAH, R., NADEEM, M., KHALIQUE, A., IMRAN, M., MEHMOOD, S., JAVID, A., HUSSAIN, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4),1750-8. doi: 10.1007/s13197-015-1967-0.

VARESE, E. & CANE, P. (2017). From space food research and innovation to immediate advantages for Earth eating habits: an aerospace – food producer company case study. *British Food Journal*, 119(11), 2448-2461. doi: 10.1108/BFJ-04-2017- 0216.

WARDE, A. (1999). Convenience food: Space and timing. *British Food Journal*, 101(7), 518–527. doi: 10.1108/00070709910279018.

WHITEHURST, T.N., & BOURLAND, C.T. (1992). Space station freedom food management for advancing mobility and sea air and space, SAE Technical Paper 921248, doi: 10.4271/921248.

ZWART, S.R., GIBSON, C.R., MADER, T.H., ERICSON, K., PLOUTZ-SNYDER, R., HEER, M. & SMITH, S.M. (2012). Vision changes after spaceflight are related to alterations in folate- and vitamin B-12-dependent one-carbon metabolism. *Journal of Nutrition*, 142(3), 427-31. doi: 10.3945/jn.111.154245.