우주식품 현황과 미래 전망

The status and future prospects of the space foods

김성수*, 양지원
Sung-Soo Kim* and Ji-won Yang

한국식품연구원 식품가공기술연구센터
Food Processing Research Center, Korea Food Research Institute

Abstract

John Glenn, America's first man to eat anything in the near-weightless environment of Earth orbit, found the task of eating fairly easy. With improved packaging came improved food quality and menus. By the time of the Apollo Program, the quality and variety of food increased even further. Apollo astronauts were the first to have hot water, which made rehydrating foods easier and improved the food's taste. Thermostabilized pouches were also introduced on Apollo. The task of eating in space got a big boost in Skylab. It also had a food freezer and refrigerator a convenience offered by no other vehicle before or since.

Two different food systems will be used for future long-duration missions to other planets, one for traveling to and from the distant body and one for use on the surface of the moon or Mars. The transit food system will be similar to the space station food system with the exception that products with three- to five-year shelf lives will be needed. Thus, this part of the trip will be similar to what occurs aboard space missions now. The surface food system, be it lunar or planetary, will be quite different. It will be similar to a vegetarian diet that someone could cook on Earth. Once crew members arrive on the surface and establish living quarters, they can start growing crops. Once the crops are processed into edible ingredients, cooking will be done in the spacecraft's galley to make the food items. Disposal of used food pack-

* Corresponding Author: Sung-Soo Kim, Ph.D,
Food Processing Research Center, Korea Food Research Institute,
1201-62, Anyangpangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13539, Korea
Tel: +82-31-780-9067
Fax: +82-31-780-9067
E-mail: sung@kfri.re.kr

aging will be an issue since there will be no Progress vehicles to send off and incinerate into the Earth's atmosphere. Packaging materials will be used that have less mass but sufficient barrier properties for oxygen and water to maintain shelf life as those now in use.

Keyword : Space foods, History of space food, Status of space food, Future of space food

서론

21세기는 그 동안 축적하여 온 우주과학기술이 절정에 이르는 시기가 될 것으로 예측된다. 그것은 발전되고, 실용화된 유, 무인 우주선의 개발을 통한 근거리, 단기간의 상업적 우주여행이 실행되고, 나아가서 지구를 벗어난 우주공간의 가깝거나 먼 위성에 우주선을 발사, 도착시켜 과학적 탐사를 수행하거나 실제 장기간 거주할 수 있는 환경이 만들어져 각국의 국기가 마치 선점한 영토처럼 나부끼게 되는 것으로 나타날 것이다. 그래서 국가 간의 경쟁은 더욱더 치열해져, 일찍이 미국과 러시아가 주도해 온 우주과학기술은 이제 세계의 선진 과학기술강국들이 앞 다투어 참여하고 경쟁하는 시대로 접어들고 있다. 이와 같이 종합과학기술인 우주 관련 기술은 한 마디로 그 나라의 과학기술의 척도이기도 하다. 또한 이 기술은 극한상황에서의 기계적, 생리적 생존 시스템의 개발이 필수이므로 첨단의 기초나 응용과학기술의 발전을 동반함으로써 실용성 있는 기술로 개발되는 그 파급효과는 막대하다. 따라서 현재 미국과 러시아를 비롯한 유럽, 일본, 중국, 인도 등 경제력이 강한 국가일수록 우주과학기술에 장기적이고 막대한 연구개발 투자를 하고 있다. 우리나라도 늦었지만 국가에서 우주과학기술개발 장기계획을 세우고 급속도로 추진하고 있으며, 미국과 러시아 등과의 공동 협력연구를 통한 단기간 내의 선진기술의 습득에 박차를 가하고 있다.

최근 세계적 우주개발 관련 기술 선진국인 미국, 러시아, 중국, EU, 일본 등 각국에서는 우주탐사와 관련된 기술개발에 경쟁적으로 박차를 가하고 있다. 미국과 러시아는 이미 오래 전에 유인 달탐사를 성공하였고 이제는 화성 유인 탐사를 2030년까지 실행하고자 각종 모의시험을 실시하고 있다. 또한 최근에는 국가 경제력이 막강해진 중국이 우주개발에 집중적 투자와 급속한 기술발전을 통하여 우주선 제작과 발사기술을 확보하고 있으며 중국 단독의 우주정거장 건설과 달탐사 및 화성탐사 계획을 추진하고 있어 점차 미국과 러시아와의 우주기술 격차를 줄여나가고 있다. 우리나라도 최근에 위성을 탑재한 우주선발사에 성공하고 현재는 무인 달탐사를 달성한다는 목적으로 기술개발 계획이 추진되고 있다.

최근 영화관에서 개봉되었던 영화 "마션"은 화성(Mars)에서 인간이 과연 생존할 수 있을까 하는 문제를 다룬 영화이다. 화성에 건설된 기지에서 인간이 생존할 수 있는 필수적인 환경 요소인 공기, 물, 식량 등을 갖추고 장기간 거주하는 상황을 보여주고 있다. 영화에서 홀로 조난당한 주인공이 온상에서 채소를 키우는 장면이 나오는 것처럼 장기간 거주에 필요한 식량을 지속적으로 조달하는 것은 인류의 생존에 가장 필수적인 요소이기 때문이다. 영화처럼 미국, 러시아 등 국가에서는 단기간의 유인 탐사에 거치지 않고 궁극적으로 장기간의 거주를 목적으로 각종 생존 모의실험을 실시하고 있다.

NASA는 2004년에 화성탐사 로봇 스피릿(SPIRIT)과 쌍둥이 로봇 오퍼튜니티(OPPORTUNITY)를 7개월간의 긴 여행을 통하여 화성에 도착시킨 후 지금도 탐사를 계속하고 있다. 유인 우주선으로 화성까지의 왕복에 소요되는 시간은 거의 3년 정도 이상이 소요된다고 한다. 따라서 장기간의 생명유지에 필요한 산소, 물, 식량 등 방대한 양의 자원이 필요하다. 미국과 러시아는 현재 화성탐사 등 장기간의 유인 우주여행에 대비한 첨단

생명지원시스템(Advanced Life Support System)구축 연구에 박차를 가하고 있다. 이 시스템은 사람이 생활하는 공간(Human), 생물생산(Biomass production), 식품가공 및 영양공급(Food processing and nutrition), 그리고 폐기물 처리 및 재활용 시스템(Waste processing and resource recovery)들로 구성되어 있다.

1. 한국의 우주식품 개발

2008년 4월 8일은 한국 우주과학 발전의 시동을 건 역사적인 날이었다. 그 동안 우주과학기술이 선진 우주강국에 비하여 매우 뒤 떨어져 있다는 국민적 열등감이 한 순간에 우리도 할 수 있다는 자신감으로 변하는 감동적인 이벤트가 있었던 시기였다. 바로 그날이 한국 최초 우주인이 러시아 소유즈 우주선을 타고 우주정거장을 향하여 우주비행을 시작한 날인 것이다. 외국의 우주인들과 함께 당당하고 여유 있게 손을 흔들며 우주선에 탑승하는 모습이 온 국민을 감동시키고 우주과학에 대한 관심을 크게 불러 일으키기에 충분하였다.

한국 우주인은 우주정거장에 8일 동안 머물면서 16가지의 우주과학 관련 실험을 수행하였다. 그 중에서 우리가 직접 개발하여 러시아 연방 우주청(RFSA) 생의학연구소(IBMP)로부터 인증(Certification)을 받은 한국 전통식품을 이용한 우주식품 10종을 시식하고 우주식품으로써의 적합성을 시험한 것도 우주인의 생명유지와 건강한 우주생활을 위한 중요한 실험 중의 하나였다. 한국은 그 동안 우주식품의 개발에 경험이 매우 부족하여 미국과 러시아의 기술 정보를 간접적으로 접하면서 우선 우리 식품을 한국 최초의 우주인에게 공급해야 한다는 사명감으로 짧은 시간 내에 개발하고자 노력하였다.

한국은 2008년에 한국 최초의 우주인으로 이소연을 선발하고 2008년 4월 8일 러시아 소유즈 우주선을 타고 우주정거장에서 8일 정도 머물면서 다양한 과학실험을 성공적으로 수행하였다. 이 때부터 우리나라의 우주식품 개발이 시작되었고, 우선 우리의 전통식품인 김치, 고추장, 된장국, 밥, 홍삼차 및 녹차에 대하여 우주식품의 조건에 적합하도록 개발하게 되었다. 그 제품들은 2007년 10월에 러시아연방우주청(FSA) 산하 생의학연구소(IBMP)에 인증시험을 의뢰하여 2007년 11월에 예비시험을 통과한 후 다시 51일 동안의 저장시험을 거쳐 최종적으로 2008년 1월에 종합적인 인증시험을 통과하여 인증서를 획득하였다. 러시아로부터 품질인증을 받은 우주식품들은 2008년 4월 8일 한국 최초 우주인 이소연씨에게 국제우주정거장(ISS)에서 체류하는 8일 동안 제공되었으며, 관능평가를 통하여 우주식품으로서의 적합성에 대하여 시험하였다. 한편 러시아와 미국의 우주인들도 한국의 전통식품을 시식하고 호평한 바 있다.

이어서 러시아연방우주청의 협동연구 요청에 따라 2009년 러시아에서 주관하는 유인화성탐사 모의시험(The project Mars 500)에 한국의 우주식품을 520일간의 메뉴에 반영하여 취식 평가하는 실험을 실시하여 불고기, 잡채, 비빔밥 등 10종의 한국식품이 새롭게 세계인의 우주식품으로 인정받게 되었다. 10년 전부터 한국의 우주식품 개발은 시작되었고 국가의 중장기 우주기술개발과 같이 발걸음을 하면서 생명유지시스템(Life Support System)의 중요한 한 부분으로 지속적인 연구개발이 있어야 할 것으로 본다.

2. 미국과 러시아의 우주식품 개발 역사

미국과 러시아는 1961년 이래로 50년 이상 동안 우주식품을 330여 가지 이상 매우 다양하게 개발하여 메뉴에 적용하고 있다. 이들 우주식품을 크게 대별하면 비살균식품(Non-thermostabilized Foods)과 살균식품(Thermostabilized Foods)으로 나눌 수 있다. 비살균식품은 주로 건조식품, 중간수분식품, 천연 너트류, 쿠키류 등이며 살균식

품 중 가열살균식품은 레토르트살균식품, 통조림식품이 있으며 비가열살균은 방사선살균식품이 있다.

우주식품의 기본조건은 우선적으로 안전성이 가장 중요한 요소가 되며 다음으로 영양성, 기호성, 장기저장성, 조리의 간편성, 무게와 부피의 최소화 등이 있다. 여기에서 말하는 것처럼 안전성이 최대로 완벽하게 보장된 식품을 우주식품이라고 할 수 있다. 미국 NASA에서 우주식품 개발 초기인 1965년에 Gemini호를 발사할 때 우주식품의 안전성을 최대로 보장하기 위하여 식품 제조과정에서 위해요소중점관리기준(HACCP)을 적용하여 우주식품을 제조하여 납품하도록 하였으며 이 기준은 오늘 날까지 세계 식품산업의 중요한 위생적 생산 제조기준으로 적용되고 있다.

우주생활의 가장 기본이 되는 식생활은 건강과 즐거움을 줄 수 있어야 한다는 것이 우주식품 개발의 기본 목적이며 숙제이다. 우주인에게 가장 중요한 것은 지상이나 우주공간에서 장단기 임무를 모두 충실히 수행할 수 있는 건강관리가 가장 중요하다(1). 건강을 지켜주는 가장 기본이 되는 것은 건전한 식품 섭취를 통한 즐겁고 건강한 식생활을 유지하는 것이다. 우주비행 동안의 충분한 음식공급 및 저장은 1961년 러시아의 유리 가가린의 인류 최초 유인우주비행이 시작되고 나서부터 지금까지 약 50년 이상의 기간 동안에 지속적으로 연구개발하여 왔음에도 불구하고 아직도 우주인들이 만족하지 못하는 여러 가지의 문제점을 가지고 있다(2,3). 초기 우주식품은 오랜 저장 및 보존을 위해 건조하여 밀봉되고 서늘한 곳에 저장되었고 그 이후 우주식품은 시행착오 및 연구를 통해 조리, 가공, 보존, 저장의 기술들이 발전해 나아갔다. 그 중 저온살균과 통조림 가공은 많은 여러 식품을 오랜 비행 동안 운반하고 저장할 수 있었다. 또한 최근 냉장과 급속동결건조기술의 발전은 식품의 좋은 맛과 영양분의 보존과 부패방지에 크게 도움을 주고 있다.

중력의 효과가 크게 줄어든 우주의 무중력(microgravity)환경은 식품의 섭취와 포장방법에 크게 영향을 미친다. 무중력은 우주선이 대기권을 통과한 후 승무원이 지구의 궤도를 비행할 때부터 나타나며 승무원과 모든 내용물들은 자유낙하의 상태가 된다. 이런 이유로 한 움큼의 사탕을 손에서 놓으면 우주 왕복선에서 둥둥 뜨는 것을 볼 수 있다. 이 현상 때문에, 식품이 우주왕복선이나 국제우주정거장에서 음식물이 비산(飛散)하는 것을 방지 하기 위해 식품뿐만 아니라 음료수도 철저히 밀봉, 포장되어 제공된다. 음료수는 음료가 포장지 밖으로 나오는 것을 방지하기 위해 특별한 빨대에 잠금 장치를 장착하여 사용하였다. 우주식품의 부스러기나 유동체는 기기에 손상을 입히거나 입으로 들어 들어갈 수 있어 우주식품의 포장은 절대 주의해야 할 사항이다. 그러므로 무중력의 우주환경은 우주식품의 포장과 음식의 선택 그리고 식품체계에 대한 요구조건에 큰 영향을 주게 되었다.

우주식품은 우주화물선이 일년에 몇 차례 나누어서 우주정거장에 가져가기 때문에 부피나 무게가 작아야 하고 장기간의 저장기간 동안 변패가 발생되면 절대 안 된다. 우주선이나 우주정거장의 공간이 좁고 여러 가지 제약조건이 있어 그곳에는 냉장고나 냉동고가 없다. 따라서 신선식품의 섭취는 우주화물선이 막 올라온 며칠간만 섭취 가능하고 나머지는 모두 상온유통이 가능한 식품을 10일 간격으로 식단을 바꿔가면서 급식을 하고 있다. 또한 그곳에는 지상과 같은 조리기구가 없이 80℃ 정도까지 열을 올릴 수 있는 가열장치가 있을 뿐이기 때문에 모든 식품의 조리는 거의 불가능하여 데우면 바로 취식이 가능한 정도의 완전 조리식품이어야 한다. 그리고 적합한 포장재료나 포장방법이 매우 중요한 요소가 된다. 우주식품에서 가장 중요한 요소는 안전성이기 때문에 HACCP(위해요소중점관리기준)에 준하는 정도의 제조공정과 포장이 거의 완벽한 수준이 되어야 한다.

실제 우주인들이 우주선에 탑승하기 몇 개월

전부터 실제 식단에 반영되는 330여 종의 우주식품을 놓고 관능평가에 의해서 각자의 식성과 기호에 맞는 식품들을 선발하고 같이 여러 사람들이 이 평가에 참여하기도 하면서 장기간의 섭취가 가능한 식품과 식단이 완성되어 우주화물선에 실려 올라가게 된다. 지상에서 분명히 기호도가 매우 높아 선택된 식품이 우주에서는 전혀 다른 맛 혹은 맛을 못 느끼는 상태가 되기도 한다고 한다. 최근에는 우주인의 즐거운 식생활을 위하여 매우 다양한 식품들이 우주식품으로 개발되고 있다. 우주공간에서의 쓰레기를 최소화하고 설거지를 하지 않기 위하여 가능하면 일인용, 일회용으로 처리될 수 있는 것이어야만 한다. 음식이 남을 경우 전혀 보관할 수 있는 장치나 공간이 없고 무중력상태에서의 물의 처리도 어렵기 때문이다.

최적 상태의 유인우주비행을 위해서 우주식품의 준비, 포장, 저장의 특별한 과정들은 생명유지 시스템의 필수사항으로 향후 화성탐사 등 3-5년간의 장기간의 우주탐사계획의 추진을 위해서는 우주식품의 개발에 더욱 더 많은 연구개발의 노력이 요구된다.

세계적으로 우주개척의 역사가 50년 정도로 긴 러시아나 미국은 이미 우주식품의 중요성을 인식하고 국가적 차원에서 막대한 연구개발비를 투입하고 있으며, 최근에는 미 항공우주국(NASA)에서는 세계 우주식품 품평회를 해마다 개최하고 있다. 뒤 이어서 최근에 우주개발에 적극적인 일본, 중국 등 여러 나라에서도 자국의 우주인들에게 적합한 우주식품의 개발에 박차를 가하고 있다. 2016년 중국은 유인우주선 발사를 실시하면서 100여 종의 우주식품을 개발하여 탑재한다는 뉴스를 전하고 있다. 이처럼 각국은 자국의 우주인들에게 적합한 우주식품을 다양하게 개발하여 우주인의 건강한 식생활을 유지하고자 노력하고 있다.

2-1. 미국의 우주식품 개발 역사

가. Mercury Project

초기의 우주비행선인 Mercury호(1961-1963)는 인간을 지구궤도에 올려 놓고 34시간 비행하였다. 그 단기간의 비행 동안 소비될 식품은 완전한 식사일 필요는 없었다. 1962년 John Glenn은 알루미늄 튜브에 담긴 사과소스를 미국 우주비행사 최초로 먹었다(4, 5). Mercury비행사들은 무중력 상태에서 고체, 액체상체의 음식을 먹고 씹기, 마시기, 삼키기 등의 물리적 실험 정도를 수행하였다. 먹은 음식의 형태는 한입크기의 고형음식, 동결 건조된 분말, 알루미늄 튜브로 된 반액체의 음식들로 승무원들은 맛이 없다는 것에 대해 모두 인정하였다. 튜브 음식들은 잘 짜지지 않았으며 동결건조음식은 재수화 시 문제가 있었다. 동결건조음식과 한입크기음식의 비산가루는 부착된 장비들을 손상할 우려가 있었다. 사과소스 같은 음식에 함유된 산과 알루미늄 튜브의 금속이 만나 수소 가스가 생성되는 것을 방지하기 위해 알루미늄 튜브 안쪽을 코팅하였다. 알루미늄 튜브는 안에 든 음식의 무게보다 더 무거운 경우가 있어서 차후 가벼운 플라스틱 용기가 개발되었다. 튜브음식은 오늘날 치약과 유사한 튜브로 작은 입구를 비행사 입에 바로 넣어 짜서 먹었다. 그러나, 튜브음식들은 먹을 때 음식을 보거나 냄새를 맡을 수 없었고, 내용물의 조직감은 튜브의 입구와 튜브에 채워 놓는 공정에 의해 한정되었다. 한입 크기 음식은 0.5 inch 크기로 압축하고 건조된 고형음식으로서 씹는 작용에 의해 생성되는 침에 의해 재수화된다(6). 이 형태의 음식은 무중력 상태에서 떠 있기 때문에 기구에 손상을 주거나 흡입될 수 있다. 그러므로 한입크기음식은 부스러기 감소를 위해 젤라틴으로 코팅되었고 수분과 향 보존, 부패방지를 위해 진공 포장되었다. 한입 크기 음식은 단백질, 높은 융해점의 지방, 당 그리고 과일의 고열량 혼합물 또는 견과류였다. 설탕과자를 압축 가공하여 만든 각설탕

은 설탕과자와 내용물은 같으나 가공공정이 달라 조직감이나 입맛은 차이를 느끼는 것처럼 한입크기음식은 비행 전 미각실험에서 좋은 평가를 얻었으나 비행을 끝내고 지구로 돌아올 때 대부분 먹지 않고 가지고 내려왔다. Mercury Project 동안에 식품의 연구와 발전의 중점은 고열량, 영양가 높은 그리고 맛 좋은 음식이었다.

나. Gemini Project

Gemini(1965-1966)의 장기간 우주비행에서 우주인의 건강을 위한 최대 관심사는 충분한 영양섭취였다. 승무원의 하루 열량은 1인당 2500 kcal으로 정하여 메뉴를 계획하고, 식품저장의 무게와 부피에 제한이 있어 농축된 식품들이 중점이 되었다. 분말주스, 동결건조 또는 건조된 식품, 압축되고 부서지지 않는 한입크기 식품들인 포도 & 오렌지 음료, 한입크기의 계피빵, 과일 칵테일, 각초콜릿, 칠면조 바이트, 사과 소스, 치킨 크림스프, 새우 칵테일, 소고기 스튜, 닭과 밥 및 칠면조 및 그레이비 등 이었다. 이 식품들은 우주비행사 개개인이 조합하여 하루에 3끼의 식단을 미리 정하여 4일 동안 순환, 반복하였다. 우주승무원들은 한입크기 음식과 튜브음식이 제공되어 지상시험과 비교 시 우주비행 중에는 적합하지 않았으며, 우주비행사의 체중도 줄었다(7). 공정의 표준화와 포장을 포함한 식품 체계는 Gemini 계획을 위해 설계되었다. 식품 및 식품포장 설명서 및 시험 과정은 최대의 안전성을 보증하기 위해서 개발되었다. 안정성에 관한 분석은 음식이 Gemini우주선의 필요조건과 영양학적, 관능학적, 미생물학적 필요조건을 고려하여 수립하였고 식품산업에 세계적으로 사용중인 HACCP 체계의 시작이었다. Gemini기간 동안 다양하고 향상된 포장지가 개발되었다. 향상된 포장으로 질좋은 메뉴를 개발 할 수 있었다. 고습과 산소 차단성의 포장지는 엄격한 우주비행을 위해 개발되었으며, 우주비행 중 식사가 끝난 후 남은 음식에 미생물 성장을 억제하기 위한 살균제가 빈 포장지의 안쪽에 있었다. Gemini임무 동안의 동결건조음식은 수분을 제거했기 때문에 가볍고 실온에서도 오래 저장이 가능하며 준비시간을 줄이기 위해 썰기, 깍둑썰기 또는 액화시킨 후 조리 또는 가공되어 빠르게 동결하고 건조한 후 진공포장하였다. 동결건조과정은 모든 정유와 풍미를 가지고 신선도를 유지하게 하였으며, 다공성의 조직감은 물이 쉽게 재수화 될 수 있도록 한다. 식품의 동결건조 전과 비교 시 본연에 색, 맛, 모양 및 조직감 등 모두 비슷하였다. 음식을 재수화하기 위해 노즐로 물을 포장지에 주입하고 포장지 다른 끝 쪽의 입구를 열어 비행사 입으로 바로 짜서 먹을 수 있었다. 음식의 사이즈는 입구의 크기와 맞춰야 하므로 제한적이었다.

다. Apollo Project

Apollo임무(1968-1972)는 인간이 달에 착륙하는 것을 목적으로 한 미국의 우주 탐험의 역사 중 가장 중요한 사업이었다. Mercury와 Gemini 임무 동안 준비, 소비된 우주식품들은 미래 우주식의 발전을 위해 중요한 경험을 제공하였고 우주식에 거대한 도전을 제시하였다. Mercury때 사용했던 튜브가 백업 음식 시스템으로서 재도입되었다. 초기 Apollo의 식품 체계는 Gemini의 식품체계와 매우 비슷했으나 후기에는 향상된 다양성 및 개량된 질은 음식 체계의 중요한 체계요소가 되었다(8). 임무가 장기간이 될수록 건강을 위해 충분한 식품섭취는 더 중요하게 되었다. 거기에 사람들은 다양한 메뉴를 좋아하였다. Apollo 임무 중에 섭취한 식품은 커피, 베이컨, 콘플레이크, 에그스크램블, 치즈크래커, 소고기 샌드위치, 초콜릿 푸딩, 참치 샐러드, 피넛버터, 프랑크푸르트 소시지, 스파게티, 소고기로스트가 있다. Apollo임무의 초기에 직접적으로 포장지가 입으로 들어가는 문제를 해결하기 위해 spoon bowl이라 불리는 플라스틱용기를 개발하여 건조식품을 포장하였다. 그리고 승무원들은 음식에 쉽게 재수화 시킬 수 있는 온수를 연료전지로 처음으로

생성하여 음식의 맛을 개선 시켰다. 물은 노즐을 사용하여 포장지의 주입구로 들어가서 식품이 재수화 된 후, 포장의 윗부분이 절단하여 압축형 플라스틱 지퍼를 열어 한 손은 포장지를 잡고, 다른 손은 수저를 잡아야 내용물을 지구에서와 흡사하게 떠먹을 수 있었다. Spoon bowl형 포장은 Apollo, Skylab, Apollo-Soyuz 그리고 처음 4번의 우주왕복선 임무에서 사용되었다. 후기 임무기간에 우주식품은 음식을 열처리로 살균하여 장기간 대기온도에서도 저장할 수 있는 레토르트, 통조림식품과 역사상 우주 비행 처음으로 우주 공간에서 방사선 처리식품이 소개되었다(9). 내열화한 식품을 포장하는 포장재는 합성수지나 적층알루미늄박으로 된 유연포장지와 원터치 통조림이 있다. 통조림 제품은 건조식품의 약 4배 정도의 무게를 가지고 있었다. 새로운 포장지들은 수저를 사용함으로써 예전 식사 때 할 수 없던 보고 냄새 맡으며 먹는 즐거움이 우주비행사들에게 제공되었다. Apollo임무에 개발된 특이한 식품과 포장법은 바 형태의 제품이었다. 우주비행사의 소매에 맞춰 포장된 바는 손을 사용하지 않고 입으로 바로 가져와 떼어먹을 수 있도록 만들어졌다. 과일바는 압축된 과일껍질로 만들어져 가식성 필름으로 포장되었다. Apollo임무 전의 우주비행에서 사용한 식품체계보다 향상되고 발전되었음에도 불구하고 대부분의 승무원들이 충분한 영양소를 섭취하지 못했다. 적당한 영양은 일상의 소비자에게 제시된 적절한 음식으로부터의 시작이라는 것이 명확하게 되었다.

라. Skylab Project

Skylab임무(1973-1974)는 미국에서 시도되는 가장 광범위한 우주에서의 대사(代謝) 연구를 하였으며, 연구의 자료는 아직까지 우주에서 기준이 되는 영양학적 정보로 제공된다. 비행 전 연구에 시도될 식품 모두를 분석을 위해 시료로 제공하고 기준점으로 설정하였다. 연구에 시도될 식품은 지상에서 3명의 우주비행사가 밀폐공간에서 56일간 실험되었다. 비행 전과 비행 시 연구되는 식품은 37개 종류의 영양소로 분석되었다. 그 중 6개 영양소의 특정한 레벨은 비행 전 21일 동안, 비행하는 동안, 비행 후 18일 동안 유지되었다. 1973년의 식품체계는 우주에서 사용된 식품체계 중 가장 맛있고 다양하였다. 다른 우주비행과 달리 무중력 환경을 제외하곤 집에서 식사하는 것과 흡사하였다. 탑재된 음식은 약 112일간 3명의 우주비행사들이 먹기에 충분한 양으로 6일 기준으로 72가지 음식을 메뉴로 선택할 수 있었다. 메뉴는 개개인의 우주 비행사의 나이, 체중과 예상활동량에 기초를 두고 영양학적 필요량에 맞게 짜졌다. 각각의 우주비행사의 열량은 하루에 2800 kal였다. 영양학적 필요량에 대한 연구는 Skylab임무 중 하나였다. 우주선내에 처음으로 갖춘 냉동고, 냉장고, 온열장치로 아이스크림, 필렛미농, 가재, 햄, 칠리, 매시드포테이토, 아스파라거스, 차가운 음료수, 후식 등을 먹을 수 있었다. 원래 사용되던 칼, 포크, 수저와 함께 밀봉된 것을 자르기 위한 가위도 추가되었다(10). Skylab은 이전의 우주선과 다르게 식당과 식탁을 갖춘 큰 내부공간을 특징으로 가졌다. 3명의 승무원이 한 조가 되어 식탁 옆의 발 고정기에 발을 고정하여 앉아서 먹는 것이 가장 좋았다. 식탁은 미리 음식을 준비 하기 위한 타이머를 가진 붙박이 가열기가 있었다. 그 결과, Skylab 우주비행사는 미국의 우주비행사 중 최고의 영양섭취기록을 현재까지 유지하고 있다. Skylab임무를 위해 계획된 모든 식품은 처음 임무 때 발사되어 만들어진 지 2년 된 식품을 마지막 승무원이 섭취했다(11). 알루미늄 통조림으로 포장된 대부분의 식품은 2년의 저장기간 동안 잘 유지되었다. Skylab식품들은 전문화된 용기에 포장되었다. 재수화용 음료수는 아코디언처럼 접히는 음료 분배기에 포장되었고, 다른 모든 식품들은 여러 크기의 알루미늄 통조림이나 재수화용 포장지에 포장되었다. 열을 필요로 한 냉동식품과 몇몇 내열화한 식품들 중 열을 가했을 때 흘러 넘치

는 것을 막기 위해 뚜껑아래의 박막을 갖추고 무중력상태에서 쉽게 열기 위해 알루미늄 통조림으로 포장하였다. 모든 알루미늄 통조림은 지상과 우주선사이의 14.7-5 lb/in^2 압력변화에도 견디는 깡통으로 밀봉되었다(12). 초기에 태양전지판이 펴지지 않아 선 내의 온도가 54℃까지 올라갔지만 2년 동안 질 좋은 식품을 유지하였다. 높은 온도로 인해 약간의 갈변이 생긴 식품은 높은 수준의 포장법으로 인해 식용이 가능했다. 그러나 마지막 두 임무 때는 열에 의해 파괴되었을지도 모르는 비타민을 보충해 주었다. Skylab임무는 56일에서 86일로 연장되어 연장된 시간의 약 반정도의 고열량바를 개발하였다.

마. 우주왕복선

미국우주왕복선임무(1981-현재)는 지구에서와 같은 식이섭취는 이전 임무 때 사용한 식품포장법과 기계 품목의 갱신으로 계획되었다. 우주왕복선은 계획된 짧은 임무기간과 저장공간 및 우주왕복선의 전력의 부족으로 냉동고와 냉장고가 없는 식품체계로 돌아왔다(13). 개봉된 용기를 올려 먹는 식판에 기초를 둔 새로운 식품 체계 개념은 왕복선 음식 체계에 사용되었다. 특별한 중점은 주위온도에서 저장이 가능한 완제품들은 상업용으로 사용될 수 있었고, 개발된 우주식품이 상업용 제품으로의 사용에 장점은 최소의 노력으로도 제품 개발이 가능했으며 승무원이 이용할 수 있도록 증명된 제품이라는 것이다. 단점은 개발된 우주식품의 공식화를 변경하거나 예고 없이 중단 할 수 있다는 것이며, 개발된 식품이 상업화 되기 위해 소금과 지방의 함량을 늘려야 할 것이다. 왕복선의 음식은 middeck에 설치된 주방에서 준비된다. 재수화 장소와 대류식 오븐이 있는 주방은 온수와 냉수를 사용하거나 음식을 데울 수 있게 되어있었다. 왕복선의 4명의 대원의 식사 준비시간은 5분 정도 소요되었으며 재수화와 음식이 데워질 때까지의 시간은 20-30분이 더 소요되었다. 식사 후 식품포장지는 middeck바닥의 폐기물통에 버려지고 식기와 식판은 위생 물휴지로 청소되었다. 새로운 포장지를 제공하기 위해서 수정된 식판은 알루미늄 판으로 되어있으며, 우주비행사의 무릎 위의 고무끈에 의해 부착될 수 있었고, 접착테이프로 식판을 벽에 붙이거나 식품포장지를 붙여 떠오르지 않게 하였다. 식판이 없으면 하나의 용기에 담긴 음식을 완전히 소비하기 전에는 열 수가 없었다. 먹을 때 사용된 도구는 칼, 포크, 수저와 포장지를 자르는 가위로 구성되었다. 대원들은 먹을 때 꼭 필요한 가위를 주머니에 항상 가지고 다녔다. 왕복선 임무 내내 식품포장공정은 단순화, 자동화 되었다. 재수화용 포장지는 왕복선용 식판에서 식이가 가능하도록 spoon bowl포장지를 30단계 이상 향상시켜 개발하였다. 우주비행 시 적재되는 무게와 부피가 제한되므로 우주식품용 포장지의 발전이 요구되었다. 재수화용과 음료수용 포장지는 폐기물을 줄일 수 있도록 수정되었다. 음료용 포장지는 적층박으로, 수화용 포장지는 유연포장재로 바꾸어 휴대가 용이해졌다. 이전 임무에서 개발된 식품 몇 개를 이번에 사용하였고, 왕복선에서 사용되는 연료전지부산물인 물을 제공함으로써 인해 음료수를 포함한 왕복선의 식품은 대략 50%정도 건조되었다(14). 건조식품은 온수나 냉수를 이용하여 원래 상태로 복원된다. 수화시 물의 양과 시간이 품목에 따라 다르므로 사용설명서는 식품 포장지 표지에 인쇄되었다. 건조식품 외 나머지 식품들은 내열화한 식품, 방사선처리 식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품 그리고 중간수분식품으로 구성되어 있다. 부피와 무게를 줄이기 위해 내열화한 식품을 통조림에서 유연포장지로 바꾸었다. 방사선처리 식품 역시 유연성 포장지를 사용했다. 이 식품들은 강제순환식 오븐으로 데울 수 있었다. 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품(견과류, 과자, 그라놀라바)과 중간수분식품(건조된 과일)도 유연성 포장지를 사용하여 포장하였다. 중간수분식품은 미생물의 성장에 이용 가능한 수분함량의 제한으로 안정되었다. 음료수는 분말

형태로 섭취 전에 물을 타서 원상태로 되게 하였다(15). 짧은 임무기간과 14.7 lb/in²의 절대선실압력은 식품 포장재의 차단성과 강도의 이완을 허용하였다. 그러나 엄격한 인화성과 배출가스 필요조건은 강화되었다. 왕복선 비행 시 선택될 식품의 수는 이전 임무 때 보다 훨씬 많아졌다. 기준이 되는 왕복선의 식단은 대표적인 7일의 왕복선 임무에 맞추었다. 식단 계획은 우주비행사들의 조사와 모든 임무수행을 위한 기준식단표에 의해 시작되었다. 임무를 4번 수행 한 후에는 자기가 선택한 식단을 원하는 특정한 승무원만이 원하는 식단표와 같은 식사를 먹을 수 있었으나, STS-7이후부터 승무원 각자 가장 선호하는 식단선정 기준으로 바뀌었다. 이 식단계획은 모든 왕복선임무에서 사용되었고 대부분의 승무원의 임무준비에 매우 중요했으며, 350개 이상의 품목 중에 우주비행사들이 가장 선호하는 식단을 선택할 수 있었다. 각각의 식단은 영양사에 의해 영양성분이 분석되고, 영양요구성의 균형 잡힌 공급을 확실히 하기 위해 대용식품이 추천된다. 현재 왕복선 식단표 대부분은 철분과 나트륨의 함량이 높고 식이섬유소의 함량이 낮은 것을 제외하고 모든 영양요구성을 만족시켰다. 그런데, 우주비행 동안, 승무원들은 식사품목을 기회가 되면 바꾸거나 식품저장실에서 간식이나 보너스 음식을 선택할 수 있다. 그러므로, 실제 비행 식이섭취는 비행 전에 짠 영양적으로 균형 잡힌 식단에 미치지 못한다. 매우 적은 수의 승무원이 식품의 질과 선택에 관한 불평을 했다. 그렇지만, 증가된 식품의 다양성, 개인 취향에 맞는 식단, 온수와 냉수, 식품을 데울 수 있는 발전 여건에도 불구하고 왕복선 비행사들을 위한 영양소 섭취는 충분하지 않았다(16). 줄어든 섭취는 식품의 질과는 상관이 없고 매우 바쁜 임무와 충분한 양의 식사를 할 시간이 되지 않았다. 우주적응증후군은 짧은 임무기간이 요인인 지도 모른다.

우주식품은 식품 과학자와 영양사와 식품공학자에 의해 개발되고 연구된다. 식품은 영양적 분석, 관능적 평가, 저장 연구, 포장 평가와 같은 다양한 방법들을 통해 분석된다. 식품 평가는 왕복선 발사 8-9달 전에 승무원들에게 수행되며, 식품 평가 기간 동안에 우주비행사들은 비행 중에 섭취하게 될 식품과 음료수를 견본으로 시험한다. 승무원들은 식단을 선택하고 그들 재량으로 섭취일을 반복할 수 있다. 그들은 아침, 점심, 저녁을 기본에 두고 계획한다. 간식은 식사와 함께 나열 되어있다. 우주식품의 종류는 재수화 식품, 내열화한 식품, 방사선 처리식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품이다. 재수화 식품은 음료용과 음식용 두 가지이다. 우주발사 시 무게를 최소화 하기 위해 식품에서 수분을 제거한 식품으로 식품섭취 전에 왕복선의 연료전지에 의해 생산된 물로 재수화 할 수 있다. 재수화용 식품의 종류는 다음과 같다. 콩소메 닭요리와 버섯 크림과 같은 수프류, 맥앤치즈와 같은 치즈 마카로니와 치킨라이스 같은 캐서롤류, 새우칵테일 같은 전체요리, 스크램블드에그와 시리얼과 같은 아침식사가 있다. 아침식사용 시리얼은 무지방 분유와 설탕을 첨가하여 건조시켰다. 물은 식사 전에 주입하였다. 재수화용 식품 포장지는 폐기물을 압축을 쉽게 하기 위해 유연재질로 만들었다. 식품포장지 바닥에 벨크로를 부쳐 식판에 고정시켰다. 만약 따뜻하게 내어야 할 식품은 오븐에 데우고, 차갑게 먹어도 될 식품은 바로 내면 된다. 포장지의 윗부분을 가위나 칼로 자르고 포크나 수저를 이용해 음식을 먹을 수 이다. 내열화한 식품은 유해한 미생물이나 효소를 열가공으로 없앤다. 내열화한 식품의 개별 포장지는 알루미늄이나 두 가지 금속으로 된 통조림, 합성수지로 된 컵이나 유연레토르트포장지가 있다. 과일이나 참치, 연어 같은 생선류는 통조림에 포장되어 내열화한다. 통조림은 뚜껑전체를 쉽게 열수 있다. 푸딩은 합성수지로 된 컵에 포장된다. 주요요리의 대부분은 유연레토르트포장지에 포장된다. 그 종류는 버섯쇠고기, 토마토와 가지, 알라킹식 닭요리, 햄이다. 유연레토르트포장지는 먹기 전 데워진 후 가위로 윗부분을 자

르고 먹는다. 몇몇의 방사선 처리한 고기는 우주왕복선 승무원을 위한 것이다. 내열화한 식품에 비해 바로 먹을 수 있거나 먹기 바로 전에 데울 수 있으며 유연레토르트포장지를 사용하였다. 견과류, 그라놀라바, 과자 같은 식품은 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품이다. 그것들은 바로 먹을 수 있으며, 투명하고 유연한 포장지로 포장되어 윗부분을 가위로 잘라 비행 중 섭취 전에 준비시간 없이 바로 먹을 수 있다. 조미료는 통상적으로 개별 레토르트포장지에 케첩, 겨자, 마요네즈, 타코소스와 고추소스가 포함된다. 폴리에틸렌으로 된 점적기에 기름에 녹아있는 액체형태의 후추와 물에 녹아있는 소금이 있다. 토르티아는 왕복선우주비행사들의 인기 좋은 빵이었다. 토르티아는 부스러기와 무중력 상태에서 조작의 문제를 다루기 쉬운 해결책을 제공하여 1985년에 사용하였다. 음료수는 커피, 차, 사과사이다, 오렌지주스, 레몬에이드를 포함하고 있으며 가루형태이다. 음료용 포장지는 오랜 저장을 위해 적층박으로 만들었으며 주방에서 물을 주입하여 빨대를 이용하여 마실 수 있었다. 식품은 무중력상태에서 다루기 쉽게 하기 위해서 개별 포장되어 우주선에 실었다. 모든 식품은 조리전이거나 가공된 식품으로 냉장보관이 필요 없고 바로 먹을 수 있거나 물을 채우거나 데움에 의해 간단히 준비 할 수 있었다. 신선한 과일이나 채소는 예외였다. 냉장고가 없어 신선한 음식들은 비행 후 빨리 먹지 않으면 부패해서 먹을 수 없었다. 일단 우주비행사가 비행의 약 5개월 전에 식단선택을 하면 식단은 영양적으로 분석되고 결핍되는 영양소가 있으면 보충한다. 식단수정이 끝나고 발사 3개월 전에 휴스턴에서 공급된다. 식품은 발사 1개월 전에 존슨우주센터에서 포장되고 칸막이 저장고에 실린다. 실린 식품저장고와 수송컨테이너는 냉장상태로 유지된다. 발사 전 3주 동안, 식품저장고는 플로리다에 위치한 케네디우주센터에서 실린다. 발사 2-3일 전에 냉장보관상태로 왕복선에 실린다. 신선한 식품 저장고는 왕복선이 발사되기 24-36시간 전에 토르티야, 빵, 아침용 롤빵, 사과, 바나나, 오렌지, 당근과 셀러리 대 등이 채워졌다. 식사는 그것들이 사용되는 순으로 식품 포장이 칸막이 저장고에 정돈되어 실려진다. 칸막이 저장고의 앞면표기는 저장고의 내용물을 나열한 것이다. 그물이 부착된 5개의 구역은 저장고에 식품포장이 이탈되는 것을 방지하고 품목이 한눈에 보이도록 한다. 우주비행사는 3번의 균형 잡힌 식사와 한번의 간식이 제공된다. 개별 우주비행사의 식품은 우주 왕복선에 실려 저장되어 각 포장지에 부착된 색깔별 물방울 무늬표에 의해서 식별된다. 한 사람당 여분 2일치 식량이 보충식품저장고에 넣어져 각각의 우주선에 실린다. 비행 동안에 식품공급은 여분의 음료와 간식으로 제공된다. 우주공간에서의 식사는 빠르고 쉽게 준비할 수 있는 잘 알려져 있고, 식욕을 돋워주고, 잘 수용된 식품 품목으로 구성된다. 4명 전원의 승무원을 위한 식사는 5분 안에 갖출 수 있다. 복원되고 데워지는 식품은 20-30분 소요된다. 우주왕복선에서의 식품은 왕복선의 middeck에 설치된 주방에서 준비된다. 주방은 물분배기와 오븐을 가지고 있는 모듈의 구성부분이다. 물분배기는 음료와 식품의 재수화 시 이용되고 주방의 오븐은 적당한 제공온도로 식품을 데우기 위해 사용된다. 우주에서의 전형적인 식사를 하는 동안, 식판은 식품포장지를 움직이지 못하게 한다. 식판은 끈을 이용하여 우주비행사의 무릎에 붙이거나 벽에 붙인다. 식판은 우주비행사의 정찬용판이 되게 하고, 정확히 집에서 식사하는 것과 같이 몇 개의 음식으로부터 바로 선택이 가능하다. 식판이 없으면 하나의 용기에 담긴 음식을 다 소비하기 전까지 다른 음식을 열어서 먹을 수 없다. 식판은 포장지가 뜨는 것을 방지한다.

바. 우주왕복선과 MIR

국제우주정거장 계획의 첫 번째 단계의 일부분은 MIR우주정거장에서 미국우주비행사들이

러시아 우주비행사들과 합동임무를 수행할 협약을 가졌다. 이 임무들은 미국에 오랜 기간의 연구와 초기의 국제우주정거장을 위해 계획과 비슷한 경험이 제공되었다. 미국이 참여한 첫 번째 MIR임무(LDM-1)는 한 명의 미국우주비행사와 두 명의 러시아우주비행사가 탑승한 소유즈선이 러시아가 미국을 위해 첫 번째로 발사되고 1995년 3월에 MIR에 도킹되었다. 미국우주비행사는 1998년 5월까지 MIR에서 112-188일간 임무를 수행했다. 계획 초기, MIR와 왕복선은 미국과 러시아간에 협상된 식단에 기초를 둔 식품들은 LDM-1과 다음 임무까지 사용되었다. 미국과 러시아의 식품들 반반씩이 사용되었다. 식사와 거의 동일한 식품들은 우주식품용으로 포장되어 왕복선과 Progress선에 실려 MIR에 운송되었다. MIR에서 섭취될 식품은 최소 9개월의 유통기한을 가져야 한다. 비록 왕복선에서 섭취될 식품은 유통기한이 표시되어있지 않았지만 MIR에서 섭취될 식품은 모두 표시되어있다. MIR주방에 있는 2개의 식품용 온열장치는 온수관과 통조림과 빵을 데우는 오목한 곳이 각각 4개씩 있다. MIR의 온수온도가 왕복선보다 조금 뜨거웠기 때문에, 승무원은 건조 식품을 가열하지 않았다. MIR와 왕복선의 온수온도는 80℃와 76℃로 별 차이가 없어 왕복선에서 재수화식품을 섭취할 때 다시 데우지는 않았다. MIR에서는 65℃에서 식품을 데웠으나, 왕복선 식품 포장지에는 적용하지는 않았다. 초기 왕복선 임무에서 사용한 왕복선 온열기는 MIR 내 전기 사양으로 변경되고 왕복선의 식품들을 데우기 위해 STS-76으로 MIR에 운송되었다. 식단으로 사용되기 전의 MIR용 우주식품의 시료는 영양적 분석을 위해 미국에 공급되었다. 이 분석에서 나타난 자료는 메뉴를 계획할 때 사용되었다. 미국과 러시아는 승무원 평가, 영양요구성과 분석자료를 기본으로 한 각각의 공동임무를 위한 식단에 합의를 보았다. 기본 식단은 철분과 나트륨을 제외하고 대부분의 영양요구성을 만족시켰지만, 다양성은 제한되어있었다. Progress선과 왕복선 임무에 의해 수송된 신선한 과일, 야채, 간식은 식단에 다양성을 추구시켰다. MIR 식단의 구성은 하루에 네 끼 식사(A, B, C, D)을 6일 주기로 계획하여 사용했다. 식사 A, C는 러시아에 의해 제공되었고 식사 B, D는 미국에 의해 제공되었다. 식사 D는 식사로 여겨지지는 않았지만 간식 품목으로 언제든지 먹을 수 있게 저장실에 있었다. 러시아는 세끼 식사를 2500 kacl, 간식을 500 kcal로 계획했다. 모든 승무원들은 우주식품 품목의 부족한 다양성과 러시아와 왕복선 식품들의 혼합 사용으로 인한 유례없는 다양성의 형태 창안에 힘들어했다.

사. 국제 우주 정거장

국제 우주 정거장(ISS)은 1998년 러시아가 우주정거장 전체 구조물의 한 부분인 Zarya모듈을 우주공간에 쏘아 올림으로써 건설이 시작된 이후로 미국과 러시아를 비롯한 세계 각국이 참여하여 건설중인 연구시설을 갖춘 다국적 우주 정거장이다. 2015년 완공된 국제우주정거장은 과거 러시아 MIR우주정거장보다 4배 이상 크고, 6개의 거대한 실험실을 갖추고 있다. 향후 5년 이상의 기간 동안 다양한 운송수단(러시아의 Souyz 우주선과 Progress 화물선, 미국의 우주왕복선)을 동원하여 43회의 비행을 통해 지구에서 궤도상으로 우주정거장의 다양한 부품 및 모듈을 운반하게 된다. 궤도는 미국 외의 다른 ISS회원국들이 자국에서 승무원이나 화물을 직접 ISS로 발사할 수 있는 궤도이다. 현재 가장 크고 유일한 우주 정거장으로 최소 3명, 최대 10명의 승무원들이 국제우주정거장에서 임무를 수행할 수 있다. 승무원들은 HAB모듈에 머물면서 식품과 다른 공급물은 90일을 주기로 MPLM에 의해 재공급된다. MPLM은 재료와 공급물 수송에 사용되는 우주왕복선 탑재실을 옮겨온 가압 모듈이다. 2004년 HAB모듈이 발사되기 전까지의 국제우주정거장의 거주자들은 미국과 러시아의(왕복선과 MIR)공동식품체계를 사용하였다. 국제 우주 정

거장에서의 식품 체제의 목표는 지구와 흡사하고, 이전의 체제보다는 더 발전된 식품체제를 만드는 것이다. 국제 우주 정거장의 식품은 우주 왕복선 체제와 유사하다. 각각으로 포장된 건조식품, 내열화한 식품, 방사선처리식품, 중간수분식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품들이 있다. 무중력 상태에서 실시간 식단 교환을 제공하기 위해, 용기에서 다른 용기까지 음식을 옮길 필요가 없는 단일 분배 용기에 포장되었다. 단일 분배 용기는 식기세척기가 필요없었다. 이중 언어 표기를 위한 기초자료와 영양적, 관능적 정보의 변화는 ISS식품체계를 위해 개발되었다. 미국과 러시아의 식품 내용물과 준비사항의 표기는 모두 미국에 의해 준비되었다. 한정된 비행에 표기를 읽어주는 미국에서 공급된 바코드 판독기는 대사연구 제공한 식이섭취 기록을 비행하는 동안 사용할 수 있다. 유통기한은 모든 식품 포장지에 적혀 있으며, 유통기한이 지난 식품은 다른 폐기물과 함께 빈 Progress선에 실려, 지구의 대기로 재돌입하여 대기와의 마찰에 의해 소진된다. Progress선은 러시아의 무인 우주선로 ISS로 재공급 물품을 가져온다. Progress선는 임무가 완성되었을 때, ISS로부터 폐기된다. Progress선이 지구의 대기로 재돌입되었을 때 파괴된다. 우주왕복선의 전력을 공급하기 위한 연료전지는 부산물로 물을 생산하였다. 그러나 국제우주정거장의 전력은 태양전지판에 의해 생산되므로 물을 생산하지 못한다. 물은 여러 다양한 과정을 통해 재순환되어 생산된다. 그러나 식품체계에 사용하기에는 충분치 못하다. 그러므로, 대개의 ISS의 식품계획은 냉동, 냉장, 내열화한 식품과 음식 섭취 전 물을 넣지 않아도 되는 식품들이다(17). 우주왕복선처럼, 국제우주정거장은 냉수는 없어 승무원들은 미온수 또는 온수만을 사용할 수 있다. 우주왕복선과 유사한 ISS의 음료용 포장지는 보다 긴 유통기한을 위해서 공급된 박과 합성수지 적층물로 만들어졌고 건조형태가 대부분이며, 냉장고에 저장되는 농축과일주스도 개발되었다. 처음 2 번의 비행은, 주 메뉴를 위주로 식품을 만들었으나, 승무원의 요구에 따른 식품품목의 저장방법 체계가 시작되었다. 식품의 저장방법 체계는 좀 더 자유로운 식단 선택을 위한 종류(예를 들어 야채, 음료수, 주 요리 등)에 의해 식품용기에 구성되었다. 모든 국제우주정거장의 일정 승무원들은 모든 식품 품목의 맛을 보던지 시료채취를 하고, 그들이 어느 정도 자주 그것들을 좋아하는가에 토대로 식단표를 정한다. 러시아에서 훈련 동안에 러시아 식품 품목을 위해 그 과정을 반복한다. 미국과 러시아의 영양사는 각각의 우주승무원을 위해 식단표를 정한다. 미국비행사들은 임무 전에 제안된 많은 ISS식품들을 평가하고, 평가를 기초로 식단들은 그들의 영양요구성에 맞게 개발된다. 개발된 메뉴들은 ISS승무원들이 재검토되고 변경도 가능하다. 초기의 식단 주기는 6일 이었으나 지금은 8일을 주기로 하고 있다. 이 주기는 아마도 식단의 다양성으로 더 증가할 것이다. 일단, 식단이 완성되면 승무원은 러시아 훈련 시에 실제의 식단을 맛보고 마지막으로 포장 전에 바꿀 수 있다. 식단의 반은 미국의 휴스턴에서 준비되고 플로리다나 러시아에서 보내져, 발사되기를 기다린다. 나머지 식단의 반은 러시아에서 준비되고 Progress선을 타고 발사된다. 대부분의 식품은 러시아 식품 칸인 Zarya와 Node2 모듈에서 저장된다. 신선한 음식들은 국제우주정거장이 왕복선이나 Progress선이 도킹 될 때 배달된다. 국제우주정거장의 승무원들은 아침과 저녁을 함께 먹는다. 러시아 Zvezda보조우주선의 음식 준비 장소는 식사 준비에 사용된다. 접이식 식탁은 3명의 승무원을 수용할 수 있게 설계되었다. 러시아의 통조림 및 식품포장지를 가열하는 온열기는 그 탁자에 내장되어있다. 미국의 식품의 포장지는 그 식탁의 오목한 부분에 맞지 않기 때문에 휴대용 온열기를 사용하였다.

우주식품은 8가지 종류로 구분된다. 재수화용 식품은 저장을 용이하게 하기 위해 식품을 건조

시켰다. 물은 먹기 전에 재수화된다. 재수화용 식품은 음료수와 식품을 포함한다. 오트밀도 재수화 식품에 포함된다. 내열화한 식품은 열에 의해 가공된 식품으로 실내온도에서도 저장이 가능하다. 대부분의 과일이나 생선은 통조림으로 내열화한 식품이다. 통조림은 식료 잡화점에서 구입할 수 있는 과일통조림과 유사하게 한번에 열리는 뚜껑으로 되었다. 푸딩은 합성수지로 된 컵으로 포장되었다. 중간수분식품은 부드러운 조직감을 유지하기 충분한 정도의 수분을 제외한 나머지 수분을 뺐다. 건조 복숭아, 건조 배, 건조 살구, 육포 같은 식품으로 이 식품들은 준비과정 없이 바로 먹을 수 있다. 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 견과류-그라놀라바, 과장 등의 식품은 바로 먹을 수 있고 유연포장지에 포장되었다. 쇠고기스테이크와 훈제칠면조는 조리된 후, 유연박포장지로 포장되고 실내 온도에서도 저장이 가능하도록 방사선에 의해 살균되었다. 다른 방사선 처리식품들은 ISS를 위해 개발되고 있다. 키시, 캐서롤, 닭단지파이와 같은 냉동식품은 큰 얼음결정체 축적의 예방을 위해 급속동결함으로써 식품 원래의 조직감의 유지와 신선한 맛을 도왔다. 신선식품은 전혀 가공되지 않고 인공적인 보존 없는 식품으로 사과와 바나나가 포함된다. 냉장식품은 부패 방지를 위해 냉장보관이 가능한 식품들로서 크림치즈와 사워크림이 대표적인 예이다.

3. 우주식품 개발과정

우주식품은 미국과 러시아에 의해서만 제공되고 있으며 미국의 우주왕복선을 통해 우주식품을 탑재하려면 NASA의 인증을 받거나 러시아 연방우주청(FSA) 산하 IBMP의 인증을 받아야 한다. 우주식품을 인증 받기 위해서는 식품의 안전성, 영양성, 장기저장성, 포장안전성, 기호성, 취식편의성 등에 대한 미생물학적, 이화학적 검사 항목의 정해진 가이드라인을 통과하여야 한다(그림 1). 우주비행사가 섭취하는 식품의 종류는 모호한 혼합식품이 아니고 지구의 식료품점에서 쉽게 구할 수 있는 식품이다. 식단은 각 승무원이 우주의 환경 속에서 행하는데 필요한 비타민 및 무기질의 모든 권장영양요구량을 공급하는 것을 목표로 하고 있다. 식품은 영양적인 가치를 위해 맛은 물론이고 동결건조방법과 포장과 저장공정이 검사된다. 우주비행사는 의뢰된 관능평가법에 따라 외관, 색, 냄새, 맛 및 조직감을 간단하게 점수별로 나누어 평가한다. 식품체계공학기관은 보다 좋은 우주식품을 설계하는 것을 지원하기 위해서 우주비행사가 관능평가한 결과를 사용한다. 약 5개월 전에, 우주비행사는 국제우주정거장에서 섭취할 30일간의 비행 메뉴를 선택한다. 승무원은 정거장에 탑재된 주방에 식품을 저장 할 것이다. 우주비행사는 음식준비 및 섭취하는 동안에 움직이지 않게 하기 위해 특별한 식판을 사용 할 것이다. 인간의 우주여행에서 식품은 생명유지를 위해 중요한 부분이므로 처음부터, 우주식품은 우주비행사, 전문가 및 식품공학자들이 함께 연구를 진행한다. 연구의 결과로 얻어진 우주식품은 우주비행사가 우주임무 동안에 건강을 유지할 수 있도록 제공된다. 우주식품체계연구소는 우주식품과 포장의 연구 및

The microorganism limits in the food products designed for the spacemen feeding are demonstrated in the table below:

Food Products	Microorganisms Factor	Limits
100% inspection for package integrity is made before the food rations are complemented		
Non-thermostabilized	Total aerobic count	< 20 000/g
	Coliform	< 10/g
	Coagulase positive Staphylococci	0/g
	Salmonella	0/25 g
	Yeasts and Molds	< 50/g
	Escherichia coli	0/10 g
	Bacillus cereus	< 10/g
Commercial sterile products (thermostabilized and irradiated)	Sporogenic mesophilic bacilli	<10/g
	Mesophilic anaerobes	0/5 g
	Yeasts, fungi (in items with pH < 4,2)	0/2 g

그림 1. 우주식품의 미생물 기준

개발하는 다목적의 연구소이며, 이 기관의 주요 연구는 우주식품 개발, 식품 보존 기술, 메뉴 계획, 관능 평가, 동결건조, 급속냉각, 포장법 개발, 포장 기기의 제작과 설계, 포장지와 재료의 물리적 실험, 환경에 따라 조절이 가능한 포장법이다. 식품체계공학기관의 임무는 질 좋은 영양성분을 제공하고 맛 좋으며 안전하고, 우주공간에서 식사를 하는데 편리하게 하여 고품질 식품을 제공함으로써 우주비행사의 건강과 최적의 우주임무를 수행하게 하는 것이다. 미국의 우주식품체계연구소는 관능평가연구실, 식품가공연구실, 식품포장연구실, 분석연구실로 나누어져, 동결과 동결건조된 다양한 방법의 안정화 기술을 사용한 가공식품, 장기 저장을 위한 질소충전포장법, 가공식품 장기저장환경장치, 식품의 관능적 분석, 평가, 시제품의 평가와 우주식품 준비의 설비된 능력을 가지고 있고 개발한 식품을 준비하고 우주비행 동안 기술을 제공한다. 우주식품의 대부분이 수분 함량이 매우 낮은 5%이하 정도인 건조식품이 많으며 이들은 저장안정성, 안전성이 매우 좋은 편이다. 이외에도 수분을 함유한 통조림 등의 식품은 고온고압에서 완전 멸균한 상태의 식품들을 가지고 가게 된다. 우주선이나 정거장의 공간이 좁고 여러 가지 제약조건이 있어 우주선 내에는 냉장고나 냉동고가 없다. 따라서 과실, 채소 등 신선식품의 섭취는 우주화물선이 막 올라온 며칠간만 섭취 가능하고 나머지는 모두 상온유통이 가능한 식품을 10일 간격으로 메뉴를 바꿔가면서 급식을 하고 있다. 메뉴는 지상과 같이 하루 3끼에 1번의 간식이 포함되어 있으며 기준열량은 남녀의 구분과 체중을 감안하여 정해지며 보통 1900-2500 kcal의 열량을 공급하게 된다. 탄산음료와 주류를 이용한 우주식품은 반입이 제한되어 있다. 또한 그곳에는 지상과 같은 조리기구가 없이 태양열 에너지를 발생시켜 이를 이용한 전기가열기구를 이용하여 80℃ 정도까지 열을 올릴 수 있는 가열장치가 있을 뿐이기 때문에 모든 식품의 조리는 거의 불가능하여 데우면 바로 취식이 가능한 정도의 완전 조리식품이어야 한다. 우주정거장에서 제공되는 물은 냉온수가 다 가능하나 온수의 경우 70-80℃ 정도까지 가능하며 건조식품에 다시 물을 부어서 복원할 때 물이 날아다니지 않도록 포장지의 주입구에 일정압력이 가해지는 주입기를 이용하여 한번 눌리면 25 ml의 물이 포장지에 주입되도록 되어 있다. 우주식품은 메뉴에 따라 식판에 놓여지게 되며 날아다니지 않도록 식품포장지에 벨크로가 붙어 있어 식판에 고정되게 되며 가위로 잘라서 포장지를 개봉하고 물을 부어서 수저, 포크 및 칼을 사용하여 식사하게 된다. 또한 우주공간에서의 쓰레기를 최소화하고 설거지를 하지 않기 위하여 가능하면 일인용, 일회용으로 처리될 수 있는 것이어야만 한다. 음식이 남을 경우 전혀 보관할 수 있는 장치나 공간이 없고 무중력상태에서의 물의 처리도 어렵기 때문이다.

4. 우주에서의 인체변화 및 영양

우주비행의 무중력상태가 되면 우리 신체는 지상에서 다리로 몰리던 체액이 가슴과 머리로 솟구쳐 오르면서 목의 정맥은 부풀어오르고 얼굴도 붓게 된다. 또한 심장을 비롯한 다른 기관들도 커지게 되고 그렇게 되면 신체는 체액이 늘어난다고 판단해서 이를 배출하기 시작하면서 이때 칼슘, 전해질, 혈장 등이 빠져나간다. 혈액 속 적혈구의 량도 감소하면서 약간의 빈혈기가 생기며, 심장박동도 불규칙해져서 혈액순환이 원활히 이루어지지 않게 된다(18). 신체 부분 중 무중력환경에서 가장 큰 영향을 받는 근골격계 중 뼈는 무중력상태에서의 골밀도는 한 달에 평균적으로 1-2%씩 감소하는데 이는 폐경기 여성들이 1년 동안 감소되는 양과 같다. 또한 뼈의 재생능력도 현저히 떨어지는데 아직까지 왜 그렇게 되는지에 관한 기본적인 신체의 대사조차 찾아내지 못하고 있다고 한다. 뼈의 재생이란 오래된 뼈가 혈액 속에 흡수되고 새로운 뼈가 생기

Alimental composition of the food ration is presented in the table:

Indicators	Measurement unit	Content in the food ration
nourishment value	kcal	Is calculated Individually
protein	in % from the total caloric value	12-15%
fat	in % from the total caloric value	30-35%
carbohydrate	in % from the total caloric value	50-55%
Fibers	g	no less than 25
Water consumption	l	2,0 – 3,0
macroelements:		
calcium	mg	1000 –1200
phosphorus	mg	1200 – 2000
magnesium	mg	350 – 400
kalium	mg	3500 – 4000
natrium	mg	1500 - 3500
microelements:		
ferrum	mg	10
cuprum	mg	1,5 – 3,0
manganese	mg	2,0 – 5,0
zinc	mg	15
fluorine	mg	2,0 – 4,0
selenium	mg	70
chromium	mg	100 – 200
iodides	mg	100 - 200

- Food ration must contain a daily physiological standard of water- and fat-soluble vitamins.

그림 2. 우주식품의 영양기준

는 과정인데 우주에서는 그 과정이 이루어지지 않는다고 한다. 심장근육은 약해져서 심장이 약해진다. 혈액이 상체로 몰리게 되면 심장은 과다한 혈액을 소변으로 배출하려고 시도한다. 그러나 콩팥의 혈액이 이동할 수 있도록 도와주는 압력이 줄기 때문에 실제 소변의 양은 오히려 20%에서 많게는 70%까지 줄어들 수 있으며, 이로인해 콩팥에 돌이 생길 수도 있다. 무중력상태에서 근육이 쓰여질 일이 없으므로 중력을 받지 못한 근육에서는 단백질이 빠져나기 때문에 1년 뒤 약 20%의 근육 단백질이 감소한다. 기압이 낮을수록 끓는점이 낮아지기 때문에 기압이 0에 가까운 우주공간에서는 온몸의 체액이 급격하게 감소할 수 있다. 식품은 건강을 유지하기 위해서 인간이 필요로 하는 영양소를 제공합니다. 충분한 열량, 비타민 및 미네랄을 얻는 것은 우주비행사에게 있어서 그것이 지구에서 살아가는 것과 마찬가지로 중요하다. 우주식품체계는 지구의 식료품점에서 다양한 품목을 고르는 것 보다는 제한된 종류만에 공급하므로 식단 계획은 우주비행사가 우주식품으로부터 필요로 하는 영양소를 얻을 수 있는 것을 확인하는 것은 매우 중요하다. 우주비행사가 우주비행에서 필요로 하는 영양소는 사람들이 모두 필요로 하는 것과 같은 영양소이나, 섭취량은 차이가 난다. 우주비행사는 지상에서 필요로 하는 것만큼 우주비행 동안에 활동을 위한 열량의 동일한 수량을 필요로 한다(그림 2). 우주비행 시 우주비행사의 식사 중에 필요한 철분의 양은 남녀모두 하루에 10 mg 미만이어야 한다. 우주비행사는 지상보다 우주에서 더 적은 적혈구를 가진다. 대부분 식품으로부터 흡수되는 철분은 새로운 적혈구에 들어간다. 만약 우주비행사가 식품으로부터 높은 철분섭취를 하면, 철분은 몸에 저장되고 건강에 문제를 일으킨다. 나트륨과 비타민 D는 골밀도에 영향을 준다. 우주비행사 식이의 과다나트륨섭취는 다른 건강에 문제를 일으킬 만큼 뼈를 손상 시키기 때문에 나트륨함량이 제한 되어있다. 신체는 일광욕에 의해 비타민 D를 생성한다. 그러나 우주선은 유해한 방사선으로부터 우주비행사를 보호하기 위해 보호막으로 감싸여 있기 때문에 무중력 내에서 우주인들은 건강한 뼈를 위해 비타민 D를 필요로 한다. 그러나 현재의 우주식품이 충분한 비타민 D를 제공하지 않기 때문에 비타민 D 보충은 우주정거장의 우주여행자에게 권장된다. 그리고 칼슘의 과다배출에 의한 골다공증이 심하게 발생한다고 한다. 우주비행 시 신체는 우주의 무중력상태에 적응함과 동시에 많은 생리학적 변화를 나타낸다. 대부분은 영양섭취의 문제와 거기에서 야기되는 문제이다. 변화는 뼈, 근육의 손실, 심장과 혈관기능의 변화 및 혈액과 신체부위차이에 따른 체액량의 변화이다. 충분한 영양소의 소비도 신체의 변화를 멈출 수 없으나 적은 영양소의 소비는 더 나쁜 상황을 만든다. 우주비행 중 우주비행사들은 통상적으로 체중이 감소한다. 비타민과 무기질 및 다른 영양소와 충분한 열량섭취는 매우 중요하다. 우주정거장의 승무원들은 좋은 건강상태에서 임무를 시작하고, 가능한 한 임무 중에도 좋은 건강상태를 유지하여, 임무가 끝난 후 가능한 한 빨리 돌아오는 것은 중요하다. 우주 정거장 승무원들은 비행 전부터 끝난 후까지 그들의 영양상태를 조사

그림 3. 우주정거장에서 우주식품 시식

그림 4. 유인화성탐사모의시험(Mars 500)에 시식된 한국 우주식품

한다. 승무원들의 비행 전후의 혈액과 소변의 시료는 화학반응에 의해 분석되어 영양적 상태를 표시한다. 임무 동안의 승무원은 지난 주에 어떤 식품을 먹었는지 보고하기 위해 전산화 된 식품 섭취 빈도에 관한 설문조사지에 기입한다. 전산 결과는 전자적으로 지상에 보내져 영양전문가의 자료분석으로 우주비행사의 식이섭취에 개선방법을 권장한다.

5. 우주인의 식사

우주인이 우주공간에서 음식을 먹는 것은 매우 특별한 주의가 필요하다. 모든 우주음식은 장기간 보관을 위해 진공 팩 형태로 포장되며, 우주선 발사 시 무게를 최대한 줄이기 위해 건조식품 형태를 선호한다. 건조된 음식의 경우 뜨거운 물을 부어 원래 형태로 복원시켜 먹으며, 빵과 같이 부스러기가 잘 발생하는 음식의 경우 한 입에 들어갈 수 있을 정도의 작은 크기로 만든다. 또한 후추와 소금의 경우는 액체형태로 만들어 사용한다. 왜냐하면 음식의 위에 소금이나 후추를 뿌리게 되면 중력이 없기 때문에 우주정거장내로 흩어져서 최악의 경우 공기정화장치나 기계장치에 고장을 일으킬 수 있고 우주인들의 눈, 코, 입에 들어갈 수 있기 때문이다(그림 3, 4). 우주공간에서 식사 시 주의사항은 음식물이 떠다니는 것을 방지하기 위해 식탁에 고정시키며, 우주인들도 고정된 자세를 유지하여 식사를 한다. 우주인은 발사 몇 달 전에 우주에서 자신이 먹을 우주음식을 미리 선택한다. 음식선택은 매우 다양하다. 국제우주정거장에는 냉장고가 없기 때문에 모든 음식은 오래 보관하기 위해 팩 형태로 포장한다. 커피, 차, 레모네이드와 같은 음료도 팩 형태로 만들어서 물을 타서 잘 흔들어 섞은 후 빨대로 빨아먹는다. 국제우주정거장에서 우주인의 식사메뉴는 일반적으로 10일마다 바뀌게 된다. 1일 식사는 아침, 점심, 저녁 기본 3끼이며 1번의 간식이 있다. 그러나 이러한 메뉴변경 주기는 우주인에게 다양한 음식을 섭취시키기 위해 연장될 수 있다. 식사시간이 되면 우주인들은 각 음식의 라벨에 적혀진 안내지침서에 따라 식사준비를 한다. 음식의 라벨에는 유효기간과 바코드, 색깔이 표시되며, 우주인마다 자신의 음식은 색깔로 표시하여 구분한다. 과일과 같은 신선한 형태의 음식과, 작은 빵과 같은 자연형태의 음식은 바로 포장 팩을 뜯어 먹을 수 있지만, 대부분의 음식들은 준비가 필요하다. 건조식품과 음료의 경우 포장 팩의 끝에 있는 플라스틱 커버를 제거하고 음식에 따라 ISS벽에 붙어있는 물 제공장치에서 정해진 양의 뜨거운 물이나 차가운 물을 넣는다. 또한

그림 5. 러시아 우주식품용 포장지(좌)와 한국 우주식품(우)

건조식품, 방사선 멸균음식, 가열음식은 오븐에서 데워서 준비한다.

6. 우주식품 포장지 개발

우주식품의 안전성 확보에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 관련 식품의 제조공정과 포장공정이다. 식품의 변패방지와 품질변화의 최소화를 위해서는 적절한 포장재질 선택과 포장기술이 매우 중요하다. 식품의 종류에 따라 선택하는 포장재와 포장방법이 달라지고 다양하다고 할 수 있다. 현재까지 개발된 포장재질은 건조식품용 진공포장재로써 유연성이 좋고 공기와 습기를 완벽하게 차단하는 폴리에칠렌(PE)과 나일론(Nylon) 접합필름을 외피로 내부에 PE만을 사용한 포장지로 이중 포장을 한 포장재가 러시아 우주식품에서 사용되고 있다. 그림 5(좌)와 같은 포장지에 진공포장된 식품을 취식할 때는 냉온수를 주입하기 위하여 포장지의 상부를 가위로 자르고 다시 그 속에 접혀있는 주입구를 밖으로 내어 물을 적당량 주입하여 복원시킨 후 취식하게 되는데, 특이한 것은 내피에 손잡이가 부착되어 있어 잡고서 취식이 가능하도록 하였다는 것이다.

한국 우주식품의 경우 그림 5(우)와 같이 러시아의 우주식품과 종류도 다르고 포장지의 재질과 모양도 조금씩 차이가 있다. 그림 6과 같이 미국 우주식품은 종류도 매우 다양하고 포장지의 모양과 재질도 용도에 따라 다양하게 사용되고 있다.

다음으로 가열살균이 필요한 우주식품용 포장재는 주로 알루미늄 적층포장지를 사용하여 레토르트용 파우치포장으로 많이 사용하고 있으며, 알루미늄 캔을 사용하여 레토르트 살균포장

그림 6. 미국의 우주식품과 포장재

표 1. 국제우주정거장(International Space Station) 식품표

Refrigerated	Chicken, grilled
Dairy	Chicken, oven fried
Cheese	Chicken, pot pie
Cheese slices	Chicken, stir fried with diced red pepper
Cream cheese	Chicken, teriyaki with spring vegetables
Sour cream	Duck, roasted
Yogurt, fruit	Meatball, porcupine (turkey)
Fruits	*Pork*:
Apple	Bacon
Grapefruit	Bacon, Canadian
Kiwi	Ham, baked with candied yams
Orange	Pork, chop, baked with potatoes au gratin
Plum	Pork, sausage, patties
	Pork, sweet and sour with rice
Frozen	Seafood:
Meat and eggs	Fish, baked
Beef:	Fish, grilled
Beef, brisket, BBQ	Fish, saut ed
Beef, enchilada with spanish rice	Lobster, broiled tails
Beef, fajita	Scallops, baked
Beef, patty	Seafood, gumbo with rice
Beef, sirloin tips with mushrooms	Shrimp, cocktail
Beef, steak, bourbon	Tuna, noodle casserole
Beef, steak, teriyaki	*Eggs*:
Beef, stir fried with onion	Egg, omelet, cheese
Beef, stroganoff with noodles	Egg, omelet, vegetable
Luncheon meat	Egg, omelet, ham
Meatloaf with mashed potatoes and gravy	Egg, omelet, sausage
Lamb:	Egg, omelet vegetable and ham
Lamb, broiled	Egg, omelet vegetable and sausage
Poultry:	Egg, scrambled with bacon, hash browns sausage
Chicken, baked	Quiche, vegetable
Chicken, enchilada with spanish rice	Quiche, Lorraine
Chicken, fajita	*Pasta mixtures*:
Lasagna, vegetable with tomato sauce	*Starchy Vegetables*
Noodle, stir fry	Corn, whole kernel
Spaghetti with meat sauce	Potato, baked
Spaghetti with tomato sauce	Potatoes, escalloped
Tortellini with tomato sauce, cheese	Potatoes, oven fried

Other:	Potatoes, mashed
Egg rolls	Yams, candied
Enchilada, cheese with Spanish rice	Succotash
Pizza, cheese	Squash corn casserole
Pizza, meat	*Vegetables*
Pizza, vegetable	Asparagus tips
Pizza, supreme	Beans, green
Fruit	Beans, green with mushrooms
Apples, escalloped	Broccoli au gratin
Broccoli, cream of	Broccoli
Checken, cream of	Carrot coins
Chicken noodle	Cauliflower au gratin
Mushroom, cream of	Chinese vegetables, stir fry
Won ton	Mushrooms, fried
Grains	Okra, fried
Biscuits	Peas
Bread	Peas with carrots
Cornbread	Squash, acorn with apple sauce and cinnamon
Dinner roll	Zucchini, spears, fried
Garlic bread	*Desserts*
Sandwich bun, wheat/white	*Cakes*:
Toast, wheat/white	Angel food cake
Tortilla	Brownie, chocolate
Breakfast items:	Chocolate fudge
Cinnamon roll	Shortcake
French toast	Yellow cake with chocolate frosting
Pancakes, buttermilk	*Dairy*:
Pancakes, apple cinnamon	Ice cream, chocolate
Waffles	Ice cream, strawberry
Pasta:	Ice cream, vanilla
Fettuccine alfredo	Yogurt, frozen
Macaroni and cheese	Pie and Pastry:
Spaghetti	Cheesecake, chocolate
Rice:	Cheesecake, plain
Fried	Cobbler, peach
Mexican/Spanish	*Pie, apple*
White	Pie, coconut cream
Pie, pecan	Pudding, lemon
Pie, pumpkin	Pudding, tapioca
Beverages	Pudding, vanilla

Apple juice	*Condiments*
Grape juice	Barbecue sauce
Grapefruit juice	Catsup
Lemonade	Chili con queso
Orange juice	Cocktail sauce
Condiments	Cranberry sauce
Margarine	Dill pickle chips
Grated cheese	Dips, bean
Cereals	Dips, ranch
Hot cereal	Honey
Oatmeal	Horseradish sauce
Cream of wheat	Jelly, assorted
Grits	Lemon juice
	Mayonnaise
Thermostabillized	Mustard
Fruit	Mustard, hot Chinese
Applesauce	Orange marmalade
Fruit cocktail	Peanut butter(chunky, creamy, whipped)
Peaches	Picante sauce
Pears	Sweet and sour sauce
Pineapple	Syrup, maple
Salads	Taco sauce
Chicken salad	Tartar sauce
Tuna salad	*Beverages*
Turkey salad	*Fruit juices*:
Vegetable:	Cranberry
Bean salad, three	Cranberry apple
Pasta salad	Cranberry raspberry
Potato salad, Greman	Gatorade, assorted
Sauerkraut	Pineapple
Soups	Pineapple grapefruit
Chili	Tomato
Clam chowder	V-8
Egg drop	*Milk*:
Miso, Japanese	Skim
Vegetable	Low fat
Desserts	Chocolate(low fat or skim)
Pudding, butterscotch	Whole
Pudding, chocolate	
Natural Form	Cashews

Fruit	Macadamia
Apples, dried	Peanuts
Apricots, dried	*Candy*:
Peach, dried	Candy-coated chocolates
Pear, dried	Candy-coated peanuts
Pruned	Lifesavers
Raisin	Gum(sugar free)
Trail mix	
Grains	**EVA Food**
Animal crackers	In-suit fruit bar
Cereal, cold	
Chex mix	**Rehydratable**
Crackers, assorted	*Beverages*
Baked chips, tortillas	Apple cider
Baked chips, potato	Cherry drink
Pretzels	Cocoa
Goldfish	Coffee(assorted)
Tortilla chips	Grape drink
Potato chips	Grapefruit drink
Rye krisp, seasoned	Instant breakfast, chocolate
Desserts	Instant breakfast, vanilla
Cookies	Instant breakfast, strawberry
Butter	Orange drink
Chocolate chip	Orange mango drink
Fortune	Orange pineapple drink
Rice krispies treat	Tea(assorted)
Shortbread	Tropical punch
Snacks	
Beef jerky	**Irradiated Meat**
Nuts:	Beef steak
Almonds	Smoked turkey

한다. 이들은 주로 멸균을 요하는 육류제품 등에 사용되고 있다. 최근에는 가능하면 유연성이 좋은 포장재를 사용하고자 하며, 쓰레기의 부피와 무게를 줄이기 위하여 캔의 사용을 최소화하고 있다.

한국형 우주식품의 개발을 위해서는 우선 러시아로부터 포장재에 대한 인증도 받아야 했기 때문에 러시아에서 사용하는 포장재를 구입하여 사용하였으나 최근에는 자체 개발을 추진하고 있다.

최근에는 유인 달탐사, 화성탐사를 미국, 러시아, 중국, EU, 일본 등이 장기적 계획으로 추진하고 있다. 화성탐사는 적어도 500일 이상의 기간이 소요되며 우주정거장처럼 여행기간 중에 식

품이나 기타 물품의 공급이 불가능하다. 따라서 우주식품의 포장지도 3-5년 정도 장기저장이 가능한 포장지의 개발을 서두르고 있다. 상온에서 우주식품의 장기저장을 위해서 더욱 질기면서도 가볍고 유연성이 좋으면서 공기와 습기의 우수한 차단성을 가진 다중 적층포장지(Multilayer packaging)의 연구개발을 진행하고 있다. 포장지 내의 잔존 산소는 식품의 품질을 열화시키는 중요한 요인 중의 하나다. 그래서 제공공정에서 원료식품 중의 산소를 충분히 배출시키고 진공포장 시에도 고진공에서 산소를 완전히 배출시키고 접착이 견고하여 다시 진공이 풀리거나 산소의 투과가 없어야 한다. 이와 같이 식품의 장기저장을 위해서 차단성의 강화(Barrier enhancement)가 매우 중요하기 때문에 2007년 10월 NASA의 Advanced Food Packaging Workshop에서 이 토픽에 중점을 두었다. 여기서 multiplying ethylene vinyl alcohol(EVOH) Layer, 나노코팅 EVOH 등 중합체를 다양한 소재에 코팅하는 기술과 고성능 산소제거제를 필름에 함유시킨 포장재 등등 다양한 포장소재 개발이 진행되고 있다.

한국의 우주식품 포장소재와 포장지 형태 및 포장기술의 개발수준은 매우 초보적인 단계로 선진국의 기술을 모방하면서 우리 식품에 적합한 것들을 찾아 가고 있다. 그 동안 우리나라의 포장기술도 상당히 큰 발전을 거듭해 오고 있지만 아직 이런 첨단식품의 개발에 적합한 기술의 개발은 매우 미흡하여 향후 국가적 연구개발 지원이 절실하다고 할 수 있다. 각국에서는 이러한 기술들을 다 특허기술로 소유하고 있어 우리가 사용할 때는 막대한 비용을 지불해야 한다.

식품산업에서 포장이 차지하는 비중과 중요성은 이제 말로 다 표현하지 않아도 될 정도로 제품의 품질과 소비자의 선택 및 홍보나 판매에 크게 영향을 미치는 중요한 요소가 되었다. 선진국에서 개발된 포장재나 기술을 그대로 수입하지만 말고, 창의적 아이디어를 가지고 새로운 포장기술의 개발에 박차를 가해야 할 때가 되었다고 생각된다.

7. 미래 우주식품의 전망

국제우주정거장 이후의 다음 가능한 단계는 저궤도를 벗어난 장기간 유인우주비행이다. 이 임무 동안 2.5년 정도의 기간 동안 달이나 행성 표면에 머무를 것이다. 장기간 탐험 임무에 있어 식품체계의 첫 번째 목표는 맛있고 영양적이며 안전한 식품체계를 승무원에게 제공하고 부피, 질량, 폐기물을 최소화하는 것이다. 장기간 유인 탐험 임무에 식품체계의 최고의 중요성은 과소평가되어야 하는 것이 아닙니다. 장기간 우주 임무 동안 체중감소, 체액변화, 탈수, 변비, 전해질 불균형, 칼슘감소, 칼륨감소, 감소한 적혈구량 그리고 우주멀미 등의 생리적인 변화를 나타낸다. 식단은 승무원에 의해 장기간 임무에 의해 필요할지도 모르는 영양소 수준의 변화를 제공할 수 있다(19). 예를 들어, 칼슘의 일일 권장 섭취량은 1000 mg이나 장기간의 우주임무를 위한 칼슘의 일일 권장 섭취량은 1000-12000 mg이다. 반대로 철분의 일일 권장 수준은 우주에서 관찰된 철분 저장의 변화를 토대로 우주 비행을 위해 18 mg에서 10 mg으로 낮춰진다(20). 신체적 변화에 더하여 승무원들은 수면장애, 고독, 흥분성, 비판적 사고, 우월감, 두통, 사기저하, 근심, 집단 내에서의 적응력 문제, 집중력 부족, 정신운동 지체 등과 같은 심리적인 변화를 경험한다. 음식 체계는 우주비행사의 생존에 필요한 영양소를 제공할 뿐만 아니라, 익숙하지 않고 적합하지 않는 환경 가운데에 잘 알려진 요소에 의한 승무원의 복지를 강화한다. 식품체계의 수용성은 보다 긴 임무 수행 지속과 우주비행 중 수시로 관찰되는 불완전한 에너지 섭취에 의해 아주 매우 중요하다(21). 감소된 에너지 섭취는 함축적으로 승무원의 생존을 위협할지도 모른다. 여러 가지 다양한 식품 품목이 승무원에게 식단을 선택할 기회를 제공하고 식단이 싫증나는 것을 피하기 위해서

추천되었다(22). 식품은 필요한 영양을 제공할 뿐만 아니라 식사시간은 승무원이 속한 사회의 사상을 알 게 될 것이다. 매우 마음에 드는 식품들은 연장된 우주비행의 스트레스를 줄이는 주요한 역할을 완수 할 수 있다. 식품 체계는 처음의 우주선 적용 기술을 강조하여 점차 지원되는 탐험 임무에 기술을 맞출 것이다. 식품체계의 개발은 이중과제접근방법이 필요할 것이다(23). 수송식품체계는 달이나 행성의 표면상에 가서 초기 체류 동안 식품체계를 전할 것이다. 사전포장 식품체계는 수송식품체계의 식품품목의 대부분으로 왕복선과 국제우주정거장에서 사용한 식품과 흡사 할 것이다. 현재 보존 방법에 더해서 보다 나은 고품질의 식품을 제공하는 다른 기술이 연장된 유통기한, 향상된 만족도, 향상된 영양섭취의 제공이라면 특히, 주시 될 것이다. 2.5년에서 그 이상의 장기간 임무를 위한 가장 큰 도전 중 하나는 식품의 유통기한을 3-5년으로 제공하여야 한다는 것이다. 분명한 것은 안전성은 주요한 고려사항이다. 유통기한은 식품의 질이 더 이상 유지되지 않을 때로 정의할 수 있다. 게다가 식품체계가 승무원에 영양의 유일한 근원이기 때문에 영양의 손실이 유통기한의 종료점에 문제를 일으킬 때 끝날 것이다. 그리고 유통기한은 외관, 조직감 또는 냄새와 같은 식품의 품질요인의 변화로 결정 할 수 있다. 포장체계는 한층 더 고찰을 요구한다. 그것은 가공과 저장조건, 부피제한 및 고형 폐기물 관리 체계로부터의 요구 조건과 호환성을 가질 필요가 있다. 수송 동안에 생긴 대부분의 폐기물이 식품 포장에 의해 생긴 폐기물로 평가되었다. 생물 분해, 재활용, 식용가능한 포장 재료의 사용은 고형 폐기물 관리 요소에 부담을 주지 않는다고 평가될 것이다. 만약에 많은 식품이 소비되지 않고 버려지면 고형폐기물 관리 요소는 중대한 영향을 받을 것이다. 임무기간 동안 모든 식품이 유통기한을 유지하는 것은 매우 중요하다. 신선한 상태로 먹을 수 있는 샐러드 작물은 수송식품체계에 포함된다. 이들 신선한 작물들은 가공이 많이 필요하지 않기 때문에 달/행성표면식품체계에서의 초기에 사용이 고려되고 있다. 당근, 토마토, 상추, 무, 시금치, 배추, 양파 등이 고려되고 있는 신선한 야채 작물이다(24). 이들 작물은 식단의 다양성, 조직감, 색감이 제공됨으로써 정신적 안정감을 증대시킨다. 달/행성표면식품체계는 장기간 달이나 행성표면에 머무르는 동안 적당한 영양섭취를 제공할 것이다. 저장된 식품과 샐러드 작물은 달이나 행성표면에 영구한 생활 기지가 건설될 때까지 표면에 머무는 초기단계에 사용될 것이다. 수경재배 방법으로 재배 될 작물은 감자, 고구마, 밀, 땅콩, 쌀 그리고 강낭콩이 있다. 그리고 달/행성표면식품체계의 마지막 과제는 주방에서의 음식준비이다. 식단은 재공급 식품 이외에 가공한 작물로 만든 식품을 포함하여 만들어 질 것이다. 작물로부터 생산하여 식품을 공급하기 때문에 재공급 식품은 최소한 유지될 것이다. 주방에서 사용될 조리법은 최소한의 시간으로 승무원이 조리 할 수 있고, 안전과 영양적이고 만족스러운 식품체계를 제공할 수 있도록 개발해야 할 것이다. 식단은 승무원의 스트레스를 방지하기 위해 충분히 다양한 식품들이 제공되어야 할 것이다.

이 두 가지 식품체계는 본질적으로 다르다. 수송식품체계는 무중력상태에서 공정해야 하고, 달/행성표면식품체계는 좀 더 다루기 쉽고, 지구같은 조작이 허용되는 부분중력에서 공정해야 한다. 식품체계가 개발되고 있는 동시에 공기 회수, 물 회수, 생물자원 생산, 고형 폐기물 관리 및 열 제어 체계에 영향이 미치는 것을 끊임 없이 완성하고 결정 해야 한다. 장기 우주비행 임무에 잘 통합된 생명유지장치를 공급하기 위해서 식품체계와 다른 생명 유지를 위한 요소의 요구 및 제약을 비교 검토하지 않으면 안 된다. 식품체계는 완전한 식품체계를 개발하면서 동력과 용적 이용도, 물 유용성을 고려할 필요가 있다. 미래식품기술의 과제는 인간연구계획의 우주인간요인과 거주의 일부이다. 미래식품기술의 최종목표

는 유인우주선을 타고 달, 화성 그리고 다른 행성에 임무수행 할 기술을 개발해 제공할 예정이다.

참고문헌

1. Kerwin J, Seddon R. Eating in space-from an astronaut's perspective. Nutrition. 18: 921-925 (2002)
2. Bourland CT. Food systems for space travel. Life Support Biosph Sci. 6: 9-12 (1999)
3. Smith SM, Zwart SR, Block G, Rice BL, Davis-Street JE. The nutritional status of astronauts is altered after long-term space flight aboard the International Space Station. J. Nutr. 135: 437-443 (2005)
4. Lane HW, Rambaut PC. Nutrition. In: Space physiology and medicine. Nicogossian AE, Huntoon CL, Pool SL. (eds.). Philadelphia: Lea and Febiger. (1994)
5. Nanz RA, Michel EL, Lachance PA. Evolution of space feeding concepts during the Mercury and Gemini space programs. Food Technol. 21: 1596-1602 (1967)
6. Heidelbaugh ND. Space flight feeding concepts: characteristics, concepts for improvement, and public health implications. J. Am. Vet. Med. Assoc. 149: 1662-1671 (1966)
7. Smith MC, Huber CS, Heidelbaugh ND. Apollo 14 food system. Aerospace Med. 42: 1185-1192 (1971)
8. Smith MC, Heidelbaugh ND, Rambaut PC, Rapp RM, Wheeler HO, Hubur CS, Bourland CT. Apollo food technology. In: Biomedical results of Apollo. Johnston RS, Hull WE, Zieglschmid JF. (eds.). Washington, DC: US Government Printing Office. (1975)
9. Bourland C, Kloeris V, Rice B, Vodovotz Y. Food systems for space and planetary flights. In: Nutrition in spaceflight and weightlessness models. Lane HW, Schoeller DA. (eds.). New York: CRC Press. (2000)
10. Turner TR, Sanford DD. Skylab food system TMX-58139. Houston, TX: NASAJSC. (1974)
11. Klicka MV, Smith MC. Food for U.S. manned space flight. Technical report Natick TR82/019. Natick, MA: US Army R&D Center. (1982)
12. Johnston RS. Skylab medical program overview. In: Biomedical results from Skylab. Johnston RS, Dietlein LF. (eds.). Washington, DC: NASA. (1977)
13. Bourland CT, Rapp RM, Smith MC. Space Shuttle food system. Food Technol. 31: 40-45 (1977)
14. Bourland CT. The development of food systems for space. Trends Food Sci. Technol. 4: 271-276 (1993)
15. Bourland CT, Fohey MF, Rapp RM, Sauer RL. Space Shuttle food package development. Food Technol. 36: 38-43 (1982)
16. Lane HW, Smith SM, Rice BL, Bourland CT. Nutrition in space. Lessons from the past applied to the future. Am. J. Clin. Nutr. 60: 801S-805S (1994)
17. Bourland CT, Fohey MF, Kloeris VL, Rapp RM. Designing a food system for space station freedom. Food Technol. 43: 76-81 (1989)
18. Smith SM, Davis-Street JE, Rice BL, Nillen JL, Gillman PL, Block G. Nutritional status assessment in semiclosed environments: ground-based and space flight studies in humans. J. Nutr. 131: 2053-2061 (2001)
19. Anon. Nutritional requirements for International Space Station missions up to 360 days, JSC-28038. Houston, TX: NASA Johnson Space Center. (1996)
20. Alfrey CP, Rice L, Smith SM. Iron metabolism and the changes in red blood cell metabolism. In: Nutrition in spaceflight and weightlessness models. Lane HW, Schoeller DA. (eds.). New York: CRC Press. (2000)
21. Lane HW, Smith SM. Nutrition in space. In: Modem Nutrition in Health and Disease. Maurice S, Olson JA, Shike M. Williams & Wilkins. 783-788 (1998)
22. Vodovotz Y, Bourland CT, Rappole CL. Advanced life support food development: a new challenge (paper 972363). Paper presented at the Society of Automotive Engineers, Proceedings of the 26th International Conference on Environmental Systems. (1997)
23. Perchonok M, Vittadini E, Swango B, Toerne M, Peterson L. Bioregenerative Planetary Life Support Systems Test Complex (BIO-Plex) food processing system; a dual task approach (paper 0123212001). Paper presented at the Society of Automotive Engineers, Proceedings of the 31st International Conference on Environmental Systems. (2001)
24. Barta DJ, Castillo JM, Fortson RE. The biomass production system for the Bioregenerative Planetary Life Support Systems Test Complex: preliminary designs and considerations (paper 99012188). Paper presented at the Society of Automotive Engineers, Proceedings of the 29th International Conference on Environmental Systems. (1999)