

우주식품의 개발 현황과 전망

Current Status and Prospects of the Space Food Development

김성수*, 김인호, 김기성, 양지원, 박주현
Sung-Soo Kim*, In-Ho Kim, Kee-Sung Kim, Ji-Won Yang, Joo-Hun Park

한국식품연구원
Korea Food Research Institute

서론

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 건강관리이다(1). 건전한 식품 섭취를 통해 즐겁고 건강한 식생활을 유지하는 것이 건강을 지켜주는 기본이 되는 것이다. 유인우주비행이 시작되고 나서부터 지금까지 약 50년 동안에 우주비행에 필요한 식품의 공급 및 저장 연구가 지속적으로 개발되어왔음에도 불구하고 우주인들에게 아직까지 만족되지 못하는 여러 가지 문제점들이 있다(2,3). 초기 우주식품은 오랜 저장 및 보존을 위해 건조하여 밀봉하고 서늘한 곳에 보관되었고, 그 이후 많은 시행착오와 연구를 통해 우주식품의 조리, 가공, 보존, 저장의 기술들이 발전하였다. 그 중 살균과 통조림 가공은 여러 종류의 식품들이 우주비행 중에 섭취 할 수 있도록 많은 도움이 되었고, 최근 냉장과 급속동결기술의 발전으로 식품의 원래의 맛과 영양분의 보존 및 변패 방지로 인해 오랜 비행 동안 운반하고 저장할 수 있게 되었다.

중력의 효과가 크게 줄어든 우주의 무중력(micrograv-

ity) 환경은 우주선이 대기권을 통과한 후 승무원이 지구 궤도를 비행 할 때부터 나타나며 승무원과 모든 내용물들은 자유낙하의 상태가 되어 식품의 섭취와 포장방법에 많은 영향을 미친다. 무중력 환경에서 한 움큼의 사탕을 손에서 놓으면 왕복선이나 국제우주정거장에서 둥둥 뜨는 것을 볼 수 있다. 무중력의 우주환경 내에서 식품의 부스러기나 유동체의 비산(飛散)은 기기에 손상을 입히거나 입으로 들어 갈 수 있어 우주식품의 포장은 절대 주의해야 할 사항이다. 우주식품의 포장과 식품의 선택, 그리고 식품시스템에 대한 요구조건에 큰 영향을 주게 되었다. 식품뿐만 아니라 음료수도 철저히 밀봉, 포장되어 제공된다. 먹다가 남은 음료가 포장지 밖으로 나오는 것을 방지하기 위하여 빨대에 특별히 제작된 잠금장치를 장착하여 사용하게 된다.

우주식품은 우주화물선이 일년에 2~3회 나누어서 우주정거장에 가져가기 때문에 부피나 무게가 작아야 하고 장기간의 저장기간 동안 변패가 발생되면 절대 안 된다. 우주선이나 우주정거장의 공간이 좁고 여러 가지 제약 조건이 있고 그 곳에는 냉장고나 냉동고가 없다. 따라서 신선식품(fresh food)의 섭취는 우주화물선이 막 올라간 며칠간만 섭취 가능하고 나머지는 모두 상온유통이 가능한 식

*Corresponding author: Sung-Soo Kim, Ph.D., Research Division for Food Industry Promotion, Korea Food Research Institute, 516 Baekhyeondong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do, 463-746, Korea
Tel: +82-31-780-9067
Fax: +82-31-780-9067
e-mail: sung@kfri.re.kr

품을 10일 간격으로 식단을 바꿔가면서 급식하고 있다. 또한 그곳에는 지상과 같은 조리기구가 아닌 섭씨 80°C 정도까지 열을 올릴 수 있는 가열장치가 있을 뿐이기 때문에 모든 식품의 조리는 거의 불가능하여 데우면 바로 취식이 가능한 정도의 완전조리식품이어야 한다. 그리고 적합한 포장재료나 포장방법이 매우 중요한 요소가 된다. 우주식품에서 가장 중요한 요소는 안전성이기에 위해요소중점관리기준(HACCP; Hazard Analysis Critical Control Point)에 준하여 제조공정과 포장이 거의 완벽한 수준이 되어야 한다.

실제 우주인들이 우주선에 탑승하기 몇 개월 전부터 실제 식단에 반영되는 330여종의 우주식품을 놓고 관능평가 실시하여 각자의 식성과 기호에 맞는 식품들을 선발하고, 전문 분야의 여러 사람들이 이 평가에 참여하여 장기간 섭취가 가능한 식품과 식단이 완성되며 우주화물선에 실려 올라가게 된다. 지상에서 분명히 기호도가 매우 높아 선택된 식품이 우주에서는 전혀 다른 맛 혹은 맛을 못 느끼는 상태가 되기도 한다. 최근에는 우주인의 즐거운 식생활을 위하여 매우 다양한 식품들이 우주식품으로 개발되고 있다. 우주식품은 일인용, 일회용으로 우주공간에서의 쓰레기를 최소화하고 설거지를 하지 않기 위하여 식품을 섭취 후 바로 처리가 가능하다. 식품이 남을 경우 보관할 수 있는 장치나 공간이 전혀 없고 무중력 상태에서 물의 처리도 어렵기 때문이다. 최적 상태의 유인 우주비행을 위해서 우주식품의 제조, 포장, 저장의 특별한 과정들은 생명유지시스템의 필수사항으로 향후 화성탐사 등 3~5년간의 장기간의 우주탐사계획의 추진을 위해서는 우주식품의 개발에 더욱 더 많은 연구개발의 노력이 요구된다.

세계적으로 우주개발의 역사가 50년 정도로 긴 러시아나 미국은 이미 우주식품의 중요성을 인식하고 국가적 차원에서 막대한 연구개발비를 투입하고 있으며, 최근 미 항공우주국(NASA; National Aeronautics and Space Administration)에서는 세계 우주식품 품평회를 해마다 개최하고 있다. 뒤이어 최근에 우주개발에 적극적인 일본, 중국 등 여러 나라에서도 자국의 우주인들에게 적합한 우주식품의 개발에 박차를 가하고 있다.

한국은 최근에 한국최초의 우주인을 선발하여 2008년 4월 8일 러시아 Soyuz 우주선을 타고 우주정거장에서 8일 정도 머물면서 다양한 과학실험을 성공적으로 수행하였다. 이 때부터 우주식품의 개발이 시작되었고, 우리의

전통식품인 김치, 고추장, 된장국, 밥, 홍삼차 및 녹차와 김치, 생식바, 라면, 수정과(4종은 방사선 처리 살균식품)를 우주식품의 조건에 적합하도록 개발하게 되었다. 그 제품들은 2007년 10월에 러시아연방우주국(FSA; Russian Federal Space Agency) 산하 생의학연구소(IBMP; Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences)에 인증시험을 의뢰하여 2007년 11월에 예비시험을 통과한 후, 다시 51일 동안의 저장시험을 거쳐 최종적으로 2008년 1월에 종합적인 인증시험을 통과하여 인증서를 획득하였다. 러시아로부터 품질인증 받은 우주식품들은 2008년 4월 8일 한국 최초 우주인 이소연씨에게 국제우주정거장(ISS; International Space Station)에서 체류하는 8일 동안 메뉴로 제공되어 관능평가 등을 통하여 우주식품으로서의 적합성에 대하여 시험하였다. 한편 러시아와 미국의 우주인들도 한국의 전통식품을 시식하고 호평한 바 있으며 이렇게 인증된 우주식품은 향후 세계우주식품위원회에 통보되어 세계인의 우주식품으로써 적합성을 평가 받고 메뉴의 품목으로 인증 받는 절차를 거치게 된다. 이제 한국의 우주식품 개발은 시작되었고 국가의 중장기 우주기술개발계획에 따라 생명유지시스템의 중요한 한 부분으로 지속적인 연구개발이 추진되어야 할 것으로 본다.

1. 우주식품의 역사

가. MERCURY PROJECT

초기의 우주비행선인 Mercury호(1961~1963)는 인간을 지구궤도에 올려 놓고 34시간 동안 비행하였다. 그 단기간의 Mercury Project 비행 동안 소비될 식품의 연구중점은 완전한 식사일 필요는 없었으나 열량과 높은 영양가 그리고 기호성이 좋은 식품이었다. 1962년 John Glenn은 미국 우주비행사 최초로 알루미늄 튜브에 담긴 사과소스를 먹었다(4, 5). Mercury 비행사들은 무중력 상태에서 고체, 액체상태의 식품을 먹고 씹기, 마시기, 삼키기 등의 물리적 실험 정도를 수행하였다. 취식한 식품의 형태는 한입크기(bite-sized)의 고형식품, 동결 건조된 분말, 알루미늄 튜브로 된 반 액체의 식품들로 승무원들은 맛이 없다는 것에 대해 모두 인정하였다. 튜브 식품들은 잘 짜지지 않았으며 동결건조식품(rehydratable food)은 재수화 시 문제가 있었다. 동결건조식품과 한입크기식품의 비

산가루는 부착된 장비들을 손상할 우려가 있었다. 사과소스 같은 식품에 함유된 산과 알루미늄 튜브의 금속이 만나 수소가스가 생성되는 것을 방지하기 위해 알루미늄 튜브 안쪽을 코팅하였다. 알루미늄 튜브는 안에 든 식품의 무게보다 더 무거운 경우가 있어서 차후 가벼운 플라스틱 용기가 개발되었다. 튜브식품은 오늘날 치약과 유사한 튜브로 작은 입구를 비행사 입에 바로 넣어 짜서 먹었다. 그러나 튜브식품들은 먹을 때 식품을 보거나 냄새를 맡을 수 없었으며 내용물은 튜브의 입구와 튜브에 채워 넣는 공정에 의해 한정되어 있었다. 한입크기식품은 0.5 inch 크기로 압축, 건조한 고형식품으로써 씹는 작용에 의해 생성되는 침에 의해 재수화된다(6). 이 형태의 식품은 무중력 상태에서 떠 있기 때문에 기구에 손상을 주거나 흡입될 수 있다. 그러므로 한입크기식품은 부스러기 감소를 위해 젤라틴으로 코팅되었고 수분과 향 보존, 부패방지를 위해 진공 포장되었다. 한입크기식품은 단백질, 높은 용해점의 지방, 당 그리고 과일 혹은 견과류를 혼합한 고열량 식품이다. 설탕과자(Sugar Cookie)를 압축가공하여 만든 각설탕은 설탕과자와 내용물은 같으나 가공공정이 달라 조직감이나 입맛은 차이를 느꼈다. 한입크기식품은 비행 전 미각실험에서 좋은 평가를 얻었으나 비행을 끝내고 지구로 돌아올 때 대부분 먹지 않고 가지고 내려 왔다.

나. GEMINI PROJECT

Gemini 호(1965~1966)의 장기간 우주비행에서 우주인의 건강을 위한 최대 관심사는 충분한 영양섭취였다. 승무원의 하루 열량은 1인당 2,500 kcal로 정하여 메뉴를 계획하고, 식품저장의 무게와 부피에 제한이 있어 농축된 식품들이 중점이 되었다. 분말주스, 동결건조 또는 건조된 식품, 압축되고 부서지지 않는 한입크기식품으로는 포도와 오렌지 주스, 계피빵, 각초콜릿, 칠면조조각고기, 사과소스, 치킨크림스프, 새우카테일, 소고기스튜, 닭고기와 밥 및 칠면조고기와 그레이비 등이다. 한입크기식품과 튜브식품식품들이 우주비행사 개개인이 조합하여 하루에 3끼 식단을 미리 정하여 4일 동안 순환, 반복하여 제공되었다. 이 식품들을 지상과 비교시험 시 우주비행 중에 섭취하는 식품으로 적합하지 않았으며, 우주비행사의 체중도 줄었다(7). 공정의 표준화와 포장을 포함한 식품시스템은 Gemini 계획을 위해 설계되었다. 우주식품과 우주식품포장의 설명서 및 시험과정은 안전성을 최대도로 보증하

기 위해 개발되었다. 우주식품의 안정성에 관한 분석은 Gemini 우주선의 필요조건과 영양학적, 관능학적, 미생물학적 필요조건을 고려하여 수립되었고, 식품산업에 세계적으로 사용중인 위해요소중점관리기준(HACCP) 시스템의 시작이었다. Gemini 기간 동안 다양하고 향상된 포장으로 질 좋은 메뉴를 개발할 수 있었다. 수분 및 산소 차단성의 포장지는 엄격한 우주비행을 위해 개발되었으며, 우주비행 중 식사가 끝난 후 남은 식품에 미생물 성장을 억제하기 위한 살균제가 포장지의 안쪽에 있었다. 동결건조식품은 수분을 제거했기 때문에 가볍고 실온에서도 오래 저장이 가능하였다. 식사 준비기간을 줄이기 위해 썰기, 깎둑썰기 또는 액화시킨 후 조리 또는 가공되어 빠르게 동결하고 건조한 후 진공포장하였다. 동결건조공정은 모든 정유와 풍미를 가지고 신선도를 유지하게 하였으며, 다공성의 조직감은 물이 쉽게 재수화 될 수 있도록 하였다. 식품의 동결건조 전과 비교 시 원래의 색깔, 맛, 모양 및 조직감 등 모두 비슷하였다. 동결건조식품을 재수화하기 위해 노즐로 물을 포장지에 주입하고 포장지 다른 끝쪽의 입구를 열어 비행사 입으로 바로 짜서 먹을 수 있게 하였다. 식품의 사이즈는 입구의 크기와 맞춰야 하므로 제한적이었다.

다. APOLLO PROJECT

Apollo 호(1968~1972)의 임무는 인간이 달에 착륙하는 것을 목적으로 한 미국 우주탐험의 역사 중 가장 중요한 사업이었다. Mercury와 Gemini의 임무 동안 준비, 소비된 우주식품들은 미래 우주식의 발전을 위해 중요한 경험을 제공하였고 우주식에 거대한 도전을 제시하였다. Mercury 때 사용했던 튜브가 백업 식품시스템으로서 재도입되었으며 초기 Apollo의 식품시스템은 Gemini의 식품시스템과 매우 비슷하였다. 후기에는 향상된 다양성 및 개량된 품질이 식품시스템의 중요한 시스템요소가 되었다(8). 임무가 장기간이 될수록 건강을 위해 충분한 식품섭취는 더 중요한 요소가 되었다. 그리하여 우주비행사들은 다양한 메뉴를 좋아하였다. Apollo 임무 중에 섭취한 식품은 커피, 베이컨, 콘플레이크, 에그스크램블, 치즈크래커, 소고기 샌드위치, 초콜릿, 푸딩, 참치 샐러드, 피넛버터, 프랑크푸르트소시지, 스파게티, 소고기 로스트가 있었다. Apollo 임무의 초기에 직접적으로 포장지가 입으로 들어가는 문제를 해결하기 위해 Spoon Bowl이라 불리는

플라스틱 용기를 개발하여 건조식품을 포장하였다. 그리고 승무원들은 식품을 쉽게 재수화 시킬 수 있는 온수를 연료전지로 처음으로 생성하여 식품의 맛을 개선시켰다. 물은 노즐을 사용하여 포장지의 주입구로 들어가서 식품이 재수화 된 후, 포장의 윗부분을 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 식품을 열처리로 살균하여 장기간 대기온도에서도 저장할 수 있는 레토르트, 통조림식품과 역사상 우주비행 처음으로 우주공간에서 방사선 처리식품(irradiated food)이 소개되었다(9). 가열살균한 식품(thermostabilized food)을 포장하는 포장재는 합성수지나 적층알루미늄필름으로 된 유연포장지와 원터치 통조림이 있다. 통조림제품은 건조식품의 약 4배 정도의 무게를 가졌다. 새로운 포장지들은 수저를 사용함으로써 예전 식사 때 할 수 없었던 보고 냄새 맡으며 먹는 즐거움이 우주비행사들에게 제공되었다. Apollo임무에서 개발된 특이한 식품과 포장방법은 바 형태의 제품이었다. 우주복에 부착 가능하게 포장된 바는 손을 사용하지 않고 입으로 바로 가져와 떼어먹을 수 있도록 만들어졌다. 과일바는 압축된 과일껍질로 만들어져 가식성 필름으로 포장되었다.

Apollo임무 전의 우주비행에서 사용한 식품시스템보다 향상되고 발전되었음에도 불구하고, 대부분의 승무원들이 충분한 영양소를 섭취하지 못했다. 적당한 영양은 일상의 소비자에게 제시된 적절한 식품으로부터 시작이라는 것이 명확하게 되었다.

라. SKYLAB PROJECT

Skylab임무(1973~1974)는 미국에서 시도되는 가장 광범위한 우주에서의 대사(代謝)연구를 하였으며, 연구자료는 아직까지 우주에서 기준이 되는 영양학적 정보로 제공되고 있다. 그 결과, Skylab 우주비행사는 미국의 우주비행사 중 최고의 영양섭취기록을 현재까지 보유하고 있다. 비행 전에 연구에 시도될 식품 모두의 분석을 위해 시료로 제공하고 기준점으로 설정하였다. 연구에 시도된 식품은 지상에서 3명의 우주비행사가 밀폐공간에서 56일간 실험하였다. 비행 전과 비행 시 연구되는 식품은 37개 종류

의 영양소로 분석되었다. 그 중 6개 영양소의 특정한 레벨은 비행 전 21일 동안 비행하는 동안과 비행 후 18일 동안 유지되었다. 1973년의 식품시스템은 우주에서 사용된 식품시스템 중 가장 맛있고 다양하였다. 다른 우주비행과 달리 무중력 환경을 제외하곤 집에서 식사하는 것과 흡사하였다. 탑재된 식품은 약 112일간 3명의 우주비행사가 먹기에 충분한 양으로 6일 기준으로 72가지 식품을 메뉴로 선택할 수 있었다. 메뉴는 개인의 우주비행사의 나이, 체중과 예상활동량에 기초를 두고 영양학적 필요량에 맞게 짜졌다. 각각 우주비행사의 열량은 하루에 2,800 kcal였다. 영양학적 필요량에 대한 연구는 Skylab 임무 중 하나였다. 우주선내에 처음으로 갖춘 냉동고, 냉장고, 가열장치로 아이스크림, 필레미농, 가재, 햄, 칠리, 으깬 감자, 아스파라거스, 차가운 음료수 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 식품을 준비하기 위한 타이머를 가진 불박이 가열기가 있었다. Skylab 임무기간 내 섭취한 모든 식품들은 처음 우주선 발사 때 제공되어 마지막 승무원에게까지 제공되었다(11). 초기 태양 전지판이 퍼지지 않아 우주선내의 온도가 54°C까지 올라갔지만 2년 동안 질 좋은 식품을 유지하였다. 높은 온도로 인해 약간의 갈변이 생긴 식품은 높은 수준의 포장법으로 인해 식용이 가능했다. 그러나, 마지막 남은 두 임무 때는 열에 의해 파괴되었을 지도 모르는 비타민을 보충해 주었다. 알루미늄 통조림으로 포장된 대부분의 식품은 2년의 저장기간 동안 잘 유지되었으며 나머지 식품들은 전문용 용기에 포장되어 잘 유지되었다. 재수화용 음료수는 아코디언처럼 접히는 음료 분배기에 포장되었고, 다른 모든 식품들은 여러 크기의 알루미늄 통조림이나 재수화용 포장지에 포장되었다. 가열을 필요로 한 냉동식품과 몇몇 가열살균한 식품들 중 열을 가했을 때 흘러 넘치는 것을 막기 위해 뚜껑 아래의 필름막을 갖췄고, 대부분 열을 필요로 하는 식품은 무중력 상태에서 쉽게 열기 위해 알루미늄 통조림으로 포장되었다. 모든 알루미늄 통조림은 지상과 우주선사이의 14.7~51 lb/in²의 압력변화에도 견디는 깡통으로 밀봉되었다. Skylab임무가 56일에서 86일로 연장되면서 고열량바의 섭취

를 늘리게 되었다.

마. 우주왕복선

미국 우주왕복선임무(1981~현재)는 지구에서와 같은 식이섭취를 위하여 이전 임무 때 사용한 식품포장법과 기계품목을 계속 발전 시켜나가는 목표를 두고 연구에 임하였다. 우주왕복선은 계획된 짧은 임무기간과 저장공간 및 우주왕복선의 전력부족으로 냉동고와 냉장고가 없는 식품시스템으로 돌아갔다(13). 개봉된 식품용기를 식판에 올려 먹는 것에 기초를 둔 새로운 식품시스템 개념은 왕복선 식품시스템에 사용되었다. 우주왕복선에서 섭취한 우주식품개발의 특별한 중점은 일반 상업화가 되어있는 상온에서 저장이 가능한 식품들을 우주식품 개발 및 연구에 사용한 것이다. 상업화된 식품을 우주식품으로 개발하는 것에 대한 장점은 제품 개발에 많은 노력을 필요로 하지 않고, 승무원들에게 이미 증명된 제품들이라는 것이다. 단점은 상업화된 식품의 공정이 변경되거나 예고 없이 중단될 수 있다는 것이고, 소금과 지방의 함량이 높다는 점이다. 왕복선의 식품은 Middeck에 설치된 주방에서 준비되었다. 재수화 장소와 오븐이 있는 주방은 온수와 냉수를 사용하거나 식품을 데울 수 있게 되어 왕복선 4명의 대원의 식사 준비시간은 5분 정도 소요되며 재수화 식품이 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 부치거나 식품포장지를 부쳐 떠오르지 않게 하였다. 식판을 사용함으로써 개봉된 식품을 완전히 섭취하기 전까지 다른 식품을 섭취할 수 없는 불편함이 해소되어 여러가지 식품을 동시에 섭취할 수 있게 되었다. 먹을 때 사용된 도구로는 칼, 포크, 수저와 포장지를 자르는 가위로 구성되어 있었으며, 대원들은 먹을 때 꼭 가위를 가지고 있어야 포장지를 잘라 식품을 섭취할 수 있었다. 왕복선 임무 내내 식품포장공정은 단순화, 자동화 되었다. 재수화용 포장지는 왕복선용 식판에서 식이가 가능하도록 Spoon Bowl포장지를 30단계 이상 향상시켜 개발되었고, 포장은 우주비행 시 적재되는 무게와 부피의 제한에 따라 요구사항이 달라져 거기에 따라 연구되고 개발되었다. 재수화용과 음료수용 포장지는 폐

기물을 줄일 수 있도록 수정되었다. 음료용 포장지는 적층필름으로, 수화용 포장지는 유연포장재로 바뀌 휴대가 용이해졌다. 이전 임무에서 개발된 식품 몇 개를 이번 임무에 사용되었으며, 왕복선에서 사용되는 연료전지 부산물인 물로 인해 음료수를 포함한 왕복선의 식품의 약 50% 정도가 건조식품으로 제조되었다(14). 건조식품은 냉수로도 복원이 가능했으며 수화 시 물의 양과 복원시간이 품목에 따라 다르므로 사용 설명서를 식품 포장지 표지에 표기하였다. 건조식품 외 나머지 식품들은 가열살균한 식품, 방사선 처리식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품(natural form food) 그리고 중간수분식품(intermediate moisture food)으로 구성되어 있었으며, 부피와 무게를 줄이고 오븐으로 데우기 위해 가열살균한 식품을 이전 임무 때 사용한 통조림캔에서 유연포장지로 바꾸었으며 방사선 처리 식품 역시 유연성 포장지를 사용하였다. 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품(견과류, 과자, 그라놀라바)과 중간수분식품(건조된 과일)도 유연성 포장지를 사용하여 포장하였다. 중간수분식품은 미생물의 성장에 이용 가능한 수분함량(수분활성도)의 제한으로 안전성이 보장되었다. 분말 형태의 음료수는 섭취 전 바로 물을 첨가하여 복원시킨다(15). 포장재 사용은 짧은 임무기간과 14.7 lb/in²의 절대 선실압력으로 인해 차단성과 강도의 허용기준을 완화되었으나 인화성과 배출가스 필요조건은 엄격히 강화되었다. 완화된 허용기준으로 인해 왕복선 비행 시 선택된 식품의 수는 이전 임무 때보다 훨씬 많아졌다. 식단 계획은 우주비행사들의 조사와 모든 임무수행을 위해 7일주기 기준식단표로 준비되었다. STS-7 임무 이후 승무원 각자 가장 선호하는 식단을 선정하여 식사할 수 있었다. 이 식단계획은 모든 왕복선 임무에서 사용되었고 대부분의 승무원의 임무수행에 매우 중요했으며, 350개 이상의 품목 중에 우주비행사들이 가장 선호하는 식품을 선택하여 식단을 계획 할 수 있었다. 각각의 식단은 영양사에 의해 영양성분이 분석되었고, 영양요구성의 균형 잡힌 공급을 확실히 하기 위해 대용식품이 추천되며 현재 왕복선 식단표 대부분은 철분과 나트륨의 함량이 높고 식이섬유소 함량이 낮은 것을 제외하고 모든 영양 요구성을 만족시켰다. 우주비행동안에 승무원들이 식사품목을 바꾸게 될 기회가 생기면 바꾸거나 식품저장실에서 간식이나 보너스 식품을 선택 할 수 있어 실제 비행 시 섭취되는 영양 요구량이 비행 전에 짠 영양

적으로 균형잡힌 식단에 미치지 못하기도 하였다. 증가된 식품의 다양성, 개인 취향에 맞는 식단, 온수와 냉수의 사용, 식품을 데울 수 있는 여건이 되에도 불구하고 영양소 섭취는 충분하지 않았고(16), 아주 소수의 승무원이 식품의 질과 선택에 관한 불평을 가졌다. 그리고 매우 바쁜 임무들로 인해 완전한 식사를 할 시간이 여의치 않았으며, 짧은 임무기간이 우주적응증후군의 요인이 되었을지도 모른다.

우주식품은 식품과학자, 영양사 및 식품공학자에 의해 개발되고 연구된다. 개발된 식품은 영양적 분석, 관능적 평가, 저장연구, 포장평가와 많은 다른 방법들을 통해 분석된다. 식품 평가는 왕복선 발사 8~9달 전에 승무원들에게 수행되며, 식품 평가기간 동안에 우주비행사들은 비행 중에 섭취하게 될 식품과 음료수를 시제품으로 시험하게 된다. 승무원들은 그들 재량으로 식단을 선택하고 반복할 수 있다. 그들은 아침, 점심, 저녁을 기본에 두고 계획하며 간식은 식사와 함께 나열된다. 우주식품의 종류는 재수화 식품, 가열살균한 식품, 방사선 처리식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않는 식품들이 있다. 재수화 식품은 음료용과 식품용으로 우주발사 시 무게를 최소화 하기 위해 식품에서 수분을 제거한 식품으로써 식품 섭취 전에 왕복선의 연료전지의 부산물인 물로 재수화 할 수 있다. 재수화용 식품의 종류는 다음과 같다. 콘소메 닭요리와 버섯 크림과 같은 수프류, 치즈 마카로니와 치킨라이스 같은 캐서롤류, 새우카테일 같은 전체요리, 스크램블드에그와 시리얼 등이다. 아침식사용 시리얼은 무지방 분유와 설탕을 첨가하여 건조시켰으며 물은 식사 전에 주입하였다. 재수화용 식품 포장지는 폐기물의 압축을 쉽게 하기 위해 유연재질로 만들어졌다. 식품 포장지 바닥에 벨크로(velcro)를 부쳐 식판에 고정시켰다. 따뜻하게 내어야 할 식품이면 오븐에 데우고, 차갑게 먹어도 될 식품은 바로 내면 된다. 포장지의 윗부분을 가위로 칼로 자르고 포크나 수저를 이용해 식품을 먹을 수 있다. 가열살균한 식품은 유해한 미생물이나 효소를 가열가공으로 실패시킨다. 가열살균한 식품의 개별 포장지는 알루미늄이나 통조림, 합성수지로 된 컵이나 유연 레토르트포장지가 있다. 과일이나 참치, 연어 같은 생선류는 통조림에 포장되어 가열살균한다. 통조림은 뚜껑 전체를 쉽게 열 수 있도록 되어 있다. 푸딩은 합성수지로 된 컵에 포장된다. 주요 요리의 대부분은 유연 레토르트포장지에 포장된다. 그

종류는 버섯쇠고기, 토마토와 가지, 알라킨식 닭요리, 햄 등이 있다. 유연 레토르트포장지는 먹기 전 데운 후 가위로 윗부분을 자르고 먹는다. 우주왕복선 승무원을 위해 방사선 처리된 몇몇의 고기는 가열살균한 고기에 비해 바로 먹을 수 있거나 먹기 바로 전에 데울 수 있으며 유연 레토르트 포장지를 사용되었다. 견과류, 그라놀라바, 과자 같은 식품은 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품들이다. 그것들은 바로 먹을 수 있으며, 투명하고 유연한 포장지로 포장되어 윗부분을 가위로 잘라 비행시 섭취 전에 준비시간이 필요 없이 바로 먹을 수 있었다. 조미료는 개별 레토르트포장지에 포장된 케첩, 겨자, 마요네즈, 타코소스와 고추소스와 폴리에틸렌으로 된 점적기(點滴機)에 포장된 액체형태의 후추와 물이 있다. 후추는 기름에 소금은 물에 녹아 포장되어있다 토르티야는 부스리기 등의 문제점을 다루기 쉽도록 1985년에 해결함으로써 제공되어 왕복 우주비행사들에게 가장 인기가 좋았던 빵이었다. 음료수는 가루형태로 된 커피, 차, 사과사이다, 오렌지주스, 레몬에이드 등이 있다. 음료용 포장지는 오랜 저장을 위해 적층필름으로 만들어졌으며 음료는 주방에서 물을 주입하여 빨대를 꽂아 마실 수 있었다. 식품은 무중력상태에서 다루기 쉽게 하기 위해서 개별 포장되어 우주선에 탑재된다. 모든 식품은 조리 전이거나 가공된 식품으로 냉장보관이 필요 없고 준비 시간이 필요 없이 바로 먹을 수 있거나, 수화나 데움에 의해 조금의 준비 시간이 필요 할 때도 있다. 신선한 과일이나 채소는 냉장고가 없어 비행 후 빨리 먹지 않으면 부패하여 먹을 수 없게 된다. 일단 우주비행사가 비행 약 5개월 전에 식단 선택을 하면 식단은 영양적으로 분석되고 결핍된 영양소가 있으면 보충된다. 식단 수정이 끝나고 발사 3개월 전에 휴스턴에서 공급된다. 식품은 발사 1개월 전에 존슨우주센터에서 포장되고 칸막이 저장고에 실린다. 그 식품저장고와 수송컨테이너는 냉장상태로 유지된다. 발사 전 3주 동안 식품저장고는 플로리다에 위치한 케네디우주센터에서 실린다. 발사 2~3일 전에 냉장보관상태에서 왕복선에 실린다. 신선한 식품 저장고는 왕복선이 발사되기 24~36시간 전에 토르티야, 빵, 아침용 롤빵, 사과, 바나나, 오렌지, 당근과 셀러리 대 등이 채워진다. 식사는 식품포장이 사용되는 순으로 그것들이 칸막이 저장고에 정돈되어 실려진다. 칸막이 저장고의 앞면 표기는 저장고의 내용물을 나열한 것이다. 5개의 구역에 부착된 그물은 저장고에 식품

포장이 이탈되는 것을 방지하고 품목이 한눈에 보이도록 한다. 우주비행사에게는 3번의 균형 잡힌 식사와 한번의 간식이 제공된다. 개별 우주비행사의 식품은 우주왕복선에 실려 저장되고 각 포장지에 부착된 색깔별 원형 스티커에 의해 식별된다. 한 사람당 2일치 식량이 여분으로 보충 식품저장고에 저장되어 각각의 우주선에 실린다. 비행 동안에 식품공급은 여분의 음료와 간식으로 제공된다. 우주공간에서의 식사는 빠르고 쉽게 준비 할 수 있어야 하며, 잘 알려져 있고, 식욕을 돋워주고, 기호성이 좋은 식품 품목으로 구성된다. 4명 전원의 승무원을 위한 식사는 5분 동안에 준비되고 20~30분 동안 복원되고 데워진다. 우주왕복선에서 식품은 왕복선의 Middeck에 설치된 주방에서 준비된다. 물 분배기(Water Dispenser)와 오븐은 주방에 설치되어 있다. 물 분배기는 음료와 식품의 재수화 시 이용되고 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 정찬용으로 꼭 집에서 식사하는 것과 같이 몇 개의 식품 중에서 바로 선택이 가능하다. 식판이 없으면 하나의 용기에 담긴 식품을 다 소비하기 전까지 다른 식품을 열어서 먹을 수 없다. 식판은 포장지가 떠다니는 것을 방지하는 역할도 있다.

바. 우주왕복선과 MIR

국제우주정거장 계획의 첫 번째 단계 중 일부는 Mir 우주정거장에서 미국 우주비행사들이 러시아 우주비행사들과 합동임무를 수행 할 협약을 가진 것이다. 이 임무들에는 미국의 오랜 기간 연구와 초기의 국제우주정거장을 위한 계획과 비슷한 경험이 제공되었다. 미국이 참여한 첫 번째 Mir 임무(LDM-1)는 한 명의 미국 우주비행사와 두 명의 러시아 우주비행사가 탑승한 Soyuz선이 러시아가 미국을 위해 첫 번째로 발사되고 1995년 3월에 Mir에서 112~188일간 임무를 수행했다. 계획 초기, Mir와 왕복선은 미국과 러시아간에 협상된 식단에 기초를 둔 식품들을 LDM-1과 다음 임무까지 사용하였다. 미국과 러시아의 식품들 반반씩이 사용되었다. 일반식사와 거의 동일한 식품들이 우주식품용으로 포장되어 왕복선과 Progress선에 실려 Mir에 운송되었다. Mir에서 섭취된 식품은 최소 9개월의 유통기한을 가져야 했다. 비록 왕복선에서 섭취된

식품은 유통기한이 표시되어 있지 않았지만 Mir에서 섭취된 식품은 모두 표시되어 있었다. Mir 주방에 있는 2개의 식품용 가열장치는 온수관과 통조림과 빵을 데우는 오목한 곳이 각각 4개씩 있다. Mir의 온수온도가 왕복선보다 조금 뜨거웠기 때문에, 승무원은 건조식품을 재수화 후 가열하지 않았다. Mir와 왕복선의 온수온도는 80°C와 76°C로 별 차이가 없어 왕복선에서 재수화식품을 섭취할 때 다시 데우지는 않았다. Mir에서는 65°C에서 식품을 데웠으나, 왕복선 식품 포장지에는 적용하지는 않았다. 초기 왕복선 임무에서 사용한 왕복선 온열기는 Mir 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, 영양 요구성과 분석 자료를 기본으로 한 각각의 공동임무를 위한 식단에 합의를 보았다. 기본 식단은 철분과 나트륨을 제외하고 대부분의 영양 요구성을 만족시켰지만, 다양성은 제한되어 있었다. Progress선과 왕복선 임무에 의해 수송된 신선한 과일, 야채, 간식은 식단에 다양성을 추구하였다. Mir 식단의 구성은 하루에 네 끼 식사(A, B, C, D)를 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 2,500 kcal, 간식을 500kcal로 계획했다. 모든 승무원들은 우주식품 품목의 다양성 부족과 다양성을 주기 위한 러시아와 왕복선 식품들의 혼합 사용에 유례없는 다양성의 형태 창안에 힘들어 했다.

사. 국제 우주 정거장

국제우주정거장은 1998년 러시아가 우주정거장 전체 구조물의 한 부분인 Zarya 모듈을 우주공간에 쏘아 올림으로써 건설이 시작된 이후로 미국과 러시아를 비롯한 세계 각국이 참여하여 건설 중인 연구시설을 갖춘 다국적 우주정거장이다. 2015년 완공 예정인 국제우주정거장이 완성되면 과거 러시아 Mir 우주정거장보다 4배 이상이 크며 6개의 거대한 실험실을 갖추게 된다. 향후 5년 이상의 기간 동안 다양한 운송수단(러시아의 Soyuz 우주선과 Progress 화물선, 미국의 우주왕복선)을 동원하여 43회의

비행을 통해 지구에서 궤도상으로 우주정거장의 다양한 부품 및 모듈을 운반하게 된다. 궤도는 미국 외의 다른 ISS 회원국들이 자국에서 승무원이나 화물을 직접 국제우주정거장으로 발사할 수 있는 궤도이다. 2008년 현재 가장 크고 유일한 우주 정거장으로 최소 3명, 최대 10명의 승무원들이 국제우주정거장에서 임무를 수행할 수 있다. 승무원들은 HAB 모듈에 머물면서 식품과 다른 공급물은 90일을 주기로 MPLM에 의해 재공급된다. MPLM은 재료와 공급물 수송에 사용되는 우주왕복선 탑재실을 옮겨온 가압 모듈이다. 2004년 HAB 모듈이 발사되기 전까지의 국제우주정거장의 거주자들은 미국과 러시아(왕복선과 Mir)의 공동식품시스템을 사용하였다. 국제우주정거장에서의 식품시스템의 목표는 지구와 흡사하고, 이전의 시스템보다는 더 발전된 식품시스템을 만드는 것이다. 국제우주정거장의 식품은 우주왕복선 시스템과 유사하다. 각각으로 포장된 건조식품, 가열살균한 식품, 방사선 처리식품, 중간수분식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품들이 있다. 무중력 상태에서 실시간 식단 교환을 위해, 용기에서 다른 용기까지 식품을 옮길 필요가 없는 단일 분배용기에 포장되었다. 단일 분배용기는 식기세척기가 필요 없다. 이중 언어 표기에 대한 기초 자료와 영양적, 관능적 정보의 변화는 국제우주정거장 식품시스템을 위해 개발되었다. 미국과 러시아의 식품 내용물과 준비사항의 표기는 모두 미국에 의해 준비되었다. 한정된 비행에 표기를 읽어주는 미국에서 공급된 바코드 관독기는 비행하는 동안 대사연구, 식이섭취 기록의 제공에 사용할 수 있다. 유통기한은 모든 식품 포장지에 적혀 있으며, 유통기한이 지난 식품은 다른 폐기물과 함께 빈 Progress선에 실려, 지구로 귀환 시 대기권으로 재돌입할 때 대기와의 마찰에 의해 소진된다. Progress선은 러시아의 무인 우주선으로써 국제우주정거장으로 재공급 물품을 가져온다. Progress선은 임무가 완성되었을 때, 국제우주정거장으로부터 폐기된다. Progress선이 지구의 대기로 재돌입되었을 때 파괴된다. 우주왕복선의 전력을 공급하기 위한 연료전지는 부산물인 물을 생산한다. 그러나 국제우주정거장의 전력은 태양 전지판에 의해 생산되어 물을 생산하지는 못한다. 물은 여러 다양한 과정을 통해 재순환되어 생산된다. 그러나 식품시스템에 사용하기에는 충분치 못하다. 그러므로, 대개의 국제우주정거장의 식품 계획은 냉동, 냉장, 가열살균한 식품과 식품 섭취 전 물을

넣지 않아도 되는 식품들이다(17). 우주왕복선과 달리 국제우주정거장에는 냉수는 없고 승무원들은 미온수 또는 온수만을 사용할 수 있다. 우주왕복선과 유사한 국제우주정거장의 음료용 포장지는 보다 긴 유통기한을 위해서 공급된 알루미늄필름과 합성수지 적층물로 만들어졌고 건조 형태의 식품이 대부분이며, 냉장고에 저장되는 농축과일 주스도 개발되었다. 처음 두 번의 비행은, 주 메뉴를 위주로 식품을 만들었으나, 승무원의 요구에 따른 식품품목의 저장방법 시스템이 시작되었다. 식품의 저장방법 시스템은 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 좋아하는가를 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 국제우주정거장 식품들을 평가하고, 평가를 기초로 식단들은 그들의 영양요구성에 맞게 개발된다. 개발된 메뉴들은 국제우주정거장 승무원들에 의해 재검토되고 변경도 가능하다. 초기의 식단 주기는 6일이었으나 지금은 10일을 주기로 하고 있다. 이 주기는 아마도 식단의 다양성으로 더 증가하기 위함일 것이다. 일단, 식단이 완성되면 승무원은 러시아 훈련 시에 실제의 식단을 맛보고 마지막으로 포장 전에 바꿀 수 있다. 식단의 반은 미국의 휴스턴에서 준비되고 플로리다나 러시아에 보내져, 거기에서 발사를 기다린다. 나머지 식단의 반은 러시아에서 준비되고 Progress선을 타고 발사된다. 대개의 식품은 러시아 식품 칸인 Zarya와 Node2 모듈에서 저장된다. 신선한 식품들은 국제우주정거장에 왕복선이나 Progress선이 도킹될 때 배달된다. 국제우주정거장의 승무원들은 아침과 저녁을 함께 먹는다. 러시아 Zvezda 보조우주선의 식품 준비장소는 식사준비에 사용된다. 접이식 식탁은 3명의 승무원을 수용할 수 있게 설계되었다. 러시아의 통조림 및 식품 포장지를 가열하는 가열기는 그 탁자에 내장되어 있다. 미국 식품의 포장지는 그 식탁의 오목한 부분에 맞지 않기 때문에 휴대용 가열기를 사용하였다.

우주식품은 8가지 종류로 구분된다. 재수화용 식품은 저장용이하게 하기 위해 식품을 건조시켰다. 재수화용 식품은 음료수와 건조식품들이 있다. 오트밀도 재수화 식품

에 포함된다. 가열살균한 식품은 열에 의해 가공된 식품으로 실내온도에서도 저장이 가능하다. 대부분의 과일이 나 생선은 통조림으로 가열살균한 식품이다. 통조림은 식료 잡화점에서 구입할 수 있는 과일통조림과 유사한 한 번에 쉽게 열리는 뚜껑으로 되어 있다. 푸딩은 합성수지로 된 컵으로 포장되어 있다. 중간수분식품은 부드러운 조직감을 유지하기 충분한 정도의 수분을 제외한 나머지 수분을 건조하여 제거하였다. 건조 복숭아, 건조 배, 건조 살구, 육포 같은 식품으로 이 식품들은 조리과정 없이 바로 먹을 수 있다. 우주식품으로 개발하기 위해 재가공하지 않은 식품은 바로 먹을 수 있고 유연포장지에 포장되었다. 견과류, 그라놀라바, 과자 등이 포함된다. 방사선 처리식품인 쇠고기스테이크와 훈제칠면조는 오로지 방사선 처리로만 가능한 식품이다. 이 제품은 요리되고 유연필름포장으로 포장되고 방사선에 의해 살균되어 실내온도에서도 저장이 가능하다. 다른 방사선 처리식품들은 국제우주정거장을 위해 개발되고 있다. 냉동식품은 큰 얼음결정체 생성 억제제를 위해 급속 동결되었다. 식품 원래의 조직감의 유지와 신선한 맛 유지에 도움이 되는 방법이다. 키시, 캐서롤, 닭단지피이가 포함된다. 신선식품은 전혀 가공되지 않고 인공적인 보존처리가 없는 식품으로 사과와 바나나가 포함된다. 냉장식품은 부패 방지를 위해 냉장보관이 가능한 식품들을 포함한다. 예를 들어 크림치즈와 사워크림이다.

2. 우주식품개발과정

우주식품은 미국과 러시아에 의해서만 제공되고 있으며 미국의 우주왕복선을 통해 우주식품을 탑재하려면 항공우주국의 인증을 받거나 러시아연방우주청 산하 생의학연구소의 인증을 받아야 한다. 우주식품을 개발하여 인증 받기 위해서는 식품의 안전성, 영양성(Table 1), 장기저장성, 포장안전성, 기호성, 취식편의성 등에 대한 미생물학적(Table 2), 이화학적 검사 항목의 정해진 가이드라인을 통과하여야 한다(Fig. 1). 우주비행사가 섭취하는 식품의 종류는 모호한 혼합식품이 아니고 지구의 식료품점에서 쉽게 구할 수 있는 식품이다. 식단은 각 승무원이 우주환경에서 업무 수행하는데 필요한 비타민 및 무기질의 모든 권장영양요구량을 공급하는 것을 목표로 하고 있다. 식품은 영양적인 가치를 위해 맛은 물론이고 동결건조방법, 포장과 저장공정이 검사된다. 우주비행사에게 식품품목을 관능검사를 시행하도록 의뢰한다. 관능평가방법은 외관,

색깔, 냄새, 맛 및 조직감을 간단하게 점수 별로 나누어 평가에 사용된다. 식품시스템공학기관(FSEF: Food System Engineering Facility)은 보다 좋은 우주식품의 설계를 지원하기 위해서 우주비행사가 관능 평가한 결과를 사용한다. 비행 약 5개월 전에 우주비행사는 국제우주정거장에서 섭취할 30일간의 비행 메뉴를 선택한다. 승무원은 정거장에 탑재된 주방에 식품을 저장한다. 우주비행사는 식품준비 및 섭취하는 동안에 움직이지 않게 하기 위해 특별한 식판을 사용한다. 인간의 우주여행에서 식품이 생명유지의 중요한 부분이므로 처음부터, 우주식품은 우주비행사, 전문가 및 식품공학자들이 함께 연구하였다. 연구의 결과로 얻어진 우주식품은 우주비행사가 중요한 우주임무를 수행하는 동안에 건강을 유지하게 한다. 우주식품시스템연구소는 우주식품과 포장을 연구 및 개발하는 다목적의 연구소이다. 이 기관의 주요 연구는 우주식품 개발, 식품 보존기술, 메뉴 계획, 관능 평가, 동결건조, 급속 냉각, 포장법 개발, 포장 기기의 제작과 설계, 포장지와 재료의 물리적 실험, 환경기체조절 포장법이다. 식품시스템공학기관의 임무는 질 좋은 영양성분을 제공하고 맛 좋으며 안전하고, 우주공간에서 식사를 하는데 편리하게 하여 고품질 식품을 제공함으로써 우주비행사의 건강과 최적의 우주임무를 수행하게 하는 것이다. 미국의 우주식품시스템연구소(SFSL: Space Food System Laboratory)는 관능평가연구실, 식품가공연구실, 식품포장연구실, 분석연구실로 나누어져, 동결과 동결 건조된 다양한 방법의 안정화 기술을 사용한 가공식품, 장기저장을 위한 질소충전 포장법, 가공식품의 장기저장 환경장치, 식품의 관능적 분석, 평가, 시제품의 평가와 우주식품 제조설비 능력을 가지고 있고 개발한 식품을 제조하고 우주비행 동안 기술을 제공한다. 우주식품의 대부분이 수분함량 5% 이하의 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 과일, 채소 등 신선식품의 섭취는 우주화물선이 막 올랐을 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 감안

Table 1. Alimental composition of the food ration

Indicators	Measurement unit	Content in the food ration	
		Is calculated	Individually
nourishment value	kcal		
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	

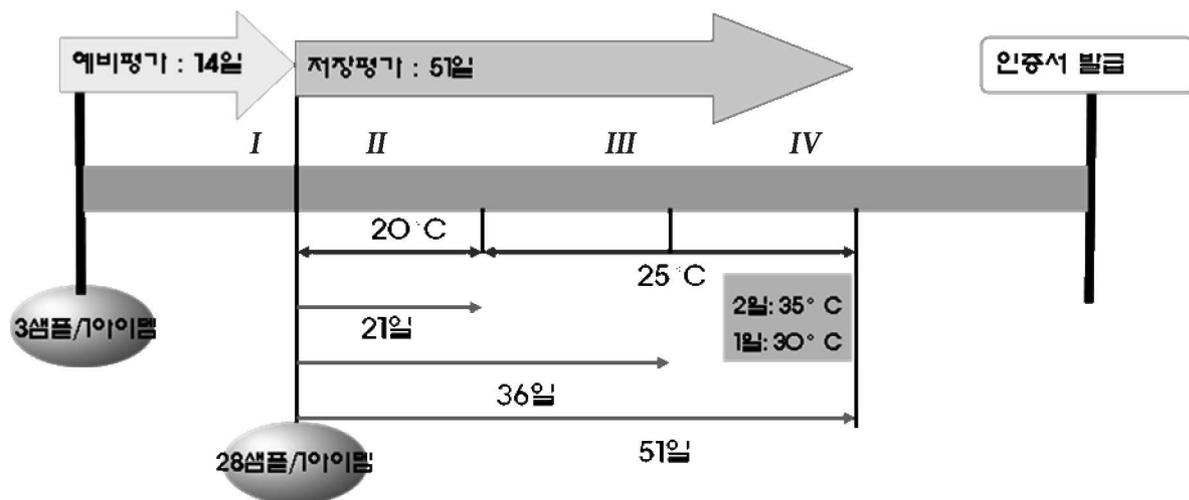


Fig. 1. The certification process of Korean Space Food.

Table 2. The microorganism limits in the food products designed for the cosmonaut feeding

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 CFu/g
	Coliform	< 10 CFu/g
	Coagulase positive Staphylococci	0 CFu/g
	Salmonella	0/25 CFu/g
	Yeasts and Molds	< 50 CFu/g
	Escherichia coli	0/10 CFu/g
	Bacillus cereus	< 10 CFu/g
Commercial sterile products (thermostabilized and irradiated)	Sporogenic mesophilic bacilli	<10 CFu/g
	Mesophilic anaerobes	0/5 CFu/g
	Yeasts, fungi (in items with pH < 4,2)	0/2 CFu/g

하여 정해지며 보통 1,900~2,500 kcal의 열량을 공급하게 된다. 탄산음료와 주류를 이용한 우주식품은 반입이 제한되어 있다. 또한 그곳에는 지상과 같은 조리기구가 없어 태양열 에너지를 발생시켜 이를 이용한 전기가열기구를 이용하여 80°C 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°C 정도까지 가능하며 건조식품에 다시 물을 부어서 복원할 때 물이 날아다니지 않도록 포장지의 주입구에 일정압력이 가해지는 주입기를 이용하여 한번 눌러면 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. 식품이 남을 경우 전혀 보관할 수 있는 장치나 공간이 없고 무중력상태에서의 물의 처리도 어렵기 때문이다.

3. 우주에서의 인체변화 및 영양

우주비행의 무중력상태가 되면 우리 신체는 지상에서 다리로 물리던 체액이 가슴과 머리로 솟구쳐 오르면서 목

의 정맥은 부풀어오르고 얼굴도 붓게 된다. 또한 심장을 비롯한 다른 기관들도 커지게 되고 그러게 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(24). 신체 부분 중 무중력환경에서 가장 큰 영향을 받는 근골격계 중 뼈는 무중력상태에서의 골밀도가 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 생기는 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 줄어든다. 콩팥에 돌이 생길 수도 있다. 무중력상태에서 근육이 쓰여질 일이 없다. 중력을 받지 못한 근육에서는 단백질이 빠져나간다. 우주인들 1년 뒤 약 20%의 근육 단백질이 감소했다고 한다. 기압이 낮을수록 끓는점이 낮아진다. 기압이 0에 가까운 우주공간에서는 사람의 체온에서도 액체가 끓게 되는 만큼 사람이 우주에 나가는 즉시 온몸의 체액이 끓어

증발해버린다. 식품은 건강을 유지하기 위해서 인간이 필요로 하는 영양소를 제공한다. 충분한 열량, 비타민 및 미네랄을 얻는 것은 우주비행사에게 있어서 그것이 지구에서 살아가는 것과 마찬가지로 중요하다. 우주식품시스템은 지구의 식료품점에서 다양한 품목을 고르는 것 보다는 제한이 된 종류를 공급한다. 그래서, 식단 계획은 우주비행사가 우주식품으로부터 필요로 하는 영양소를 얻을 수 있는 것을 확인하는 매우 중요한 것이다. 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. 우주비행 시 우주비행사의 식사 중에 필요한 철분의 양은 남녀 모두 하루에 10 mg 미만이어야 한다. 우주비행사는 지상보다 우주에서 더 적은 적혈구를 가진다. 대부분 식품으로부터 흡수되는 철분은 새로운 적혈구에 들어간다. 만약 우주비행사가 식품으로부터 높은 철분 섭취를 하면, 철분은 몸에 저장되고 건강에 문제를 일으킨다. 나트륨과 비타민D는 골밀도에 영향을 준다. 우주비행사 식이의 과다 나트륨 섭취는 다른 건강에 문제를 일으킬 만큼 뼈를 손상시키기 때문에 나트륨 함량이 제한되어 있다. 신체는 일광욕에 의해 비타민D를 생성한다. 그러나 우주선은 유해한 방사선으로부터 우주비행사를 보호하기 위해 감싸고 있다. 지상과 무중력 내에서 사람들은 건강한 뼈를 위해 비타민D를 필요로 한다. 현재의 우주식품이 충분한 비타민D를 제공하지 않기 때문에 비타민D 보충은 우주정거장의 우주여행자에게 권장된다. 그리고 칼슘의 과다배출에 의한 골다공증이 심하게 발생한다고 한다. 우주비행 시 신체는 우주의 무중력상태에 적응함과 동시에 많은 생리학적인 변화를 나타낸다. 대부분은 영양섭취의 문제와 거기에서 야기되는 문제이다. 변화는 뼈, 근육의 손실, 심장과 혈관기능의 변화 및 혈액과 신체부위 차이에 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 열량 섭취는 매우 중요하다. 우주정거장의 승무원들은 좋은 건강 상태에서 임무를 시작하고, 가능한 한 임무 중에도 좋은 건강상태를 유지하여, 임무가 끝난 후 가능한 한 빨리 돌아오는 것은 중요하다. 우주정거장 승무원들은 비행 전부

터 끝난 후까지 그들의 영양상태를 조사한다. 승무원들의 비행 전후의 혈액과 소변 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. 전산결과는 전자적으로 지상에 보내져 영양전문가의 자료분석으로 우주비행사의 식이섭취에 개선방법을 제시하게 된다.

4. 우주인의 식사

우주인이 우주공간에서 식품을 먹는 것은 매우 특별한 주의가 필요하다. 모든 우주식품은 장기간 보관을 위해 진공팩 형태로 포장되며, 우주선 발사 시 무게를 최대한 줄이기 위해 건조식품 형태를 선호한다. 건조된 식품의 경우 뜨거운 물을 부어 원래 형태로 복원시켜 먹으며, 빵과 같이 부스러기가 잘 발생하는 식품의 경우 한 입에 들어갈 수 있을 정도의 작은 크기로 만든다. 또한 후추와 소금의 경우는 액체형태로 만들어 사용한다. 왜냐하면 식품 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. 우주공간에서 식사 시 주의사항은 식품이 떠다니는 것을 방지하기 위해 식탁에 고정시키며, 우주인들도 고정된 자세를 유지하여 식사를 한다. 우주인은 발사 몇 달 전에 우주에서 자신이 먹을 우주식품을 미리 선택한다. 식품선택은 매우 다양하다. 국제우주정거장에는 냉장고가 없기 때문에 모든 식품은 오래 보관하기 위해 팩 형태로 포장한다. 커피, 차, 레모네이드와 같은 음료도 팩 형태로 만들어서 물을 타서 잘 흔들어 용해시킨 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 식품을 섭취시키기 위해 연장될 수 있다. 식사시간이 되면 우주인들은 각 식품의 라벨에 적혀진 안내지침서에 따라 식사준비를 한다. 식품의 라벨에는 유효기간과 바코드, 색깔이 표시되며, 우주인마다 자신의 식품은 색깔로 표시하여 구분한다. 과일과 같은 신선한 형태의 식품과, 작은 빵과 같은 자연형태의 식품은 바로 포장 팩을 뜯어 먹을 수 있지만, 대부분의 식품들은 준비가 필요하다. 건조식품과 음료의 경우 포장 팩의 끝에 있는 플라스틱 커버를 제거



Fig. 2. The packages of Korean space food.

하고 식품에 따라 국제우주정거장 벽에 붙어있는 물 제공 장치에서 정해진 양의 뜨거운 물이나 차가운 물을 넣는다. 또한 건조식품, 방사선 멸균식품, 가열식품은 오븐에서 데워서 준비한다.

5. 미래 우주식품의 전망

국제우주정거장 이후의 다음 가능한 단계는 저궤도를 벗어난 장기간 유인우주비행으로 2.5년 정도의 기간 동안 달이나 행성 표면에 머무를 것이다. 장기간 탐험 임무에 식품시스템의 첫 번째 목표는 맛있고 영양적이며 안전한 식품시스템을 승무원에게 제공하고 부피, 질량, 폐기물을 최소화하는 것이다. 장기간 유인 탐험임무에 식품시스템의 최고의 중요성이 과소평가되어서는 안 된다. 장기간 우주 임무 동안 체중감소, 체액변화, 탈수, 변비, 전해질 불균형, 칼슘감소, 칼륨감소, 감소한 적혈구량, 그리고 우주 멀미 등의 생리적인 변화를 나타낸다. 식단은 승무원에 의해 장기간 임무에 의해 필요할지도 모르는 영양소 수준의 변화를 제공할 수 있다(18). 예를 들어, 칼슘의 일일 권장



Fig. 4. The Space dinner of the first Korean cosmonaut in ISS.



Fig. 3. The Korean space food of 6 varieties.

섭취량은 1,000 mg이나 장기간의 우주임무를 위한 칼슘의 일일 권장 섭취량은 1,000~1,200 mg이다. 반대로 철분의 일일 권장 수준은 우주에서 관찰된 철분저장의 변화를 토대로 우주비행을 위해 18 mg에서 10 mg으로 낮춰진다(19). 신체적 변화에 더하여 승무원들은 수면장애, 고독, 흥분성, 비관적 사고, 우울감, 두통, 사기저하, 근심, 집단 내에서의 적응력 문제, 집중력 부족, 정신운동 지체 등과 같은 심리적인 변화를 경험한다. 식품시스템은 우주비행사의 생존에 필요한 영양소를 제공할 뿐만 아니라, 익숙하지 않고, 적합하지 않는 환경 가운데에 발생하는 정신적, 심리적 변화에 대처할 수 있도록 승무원의 복지를 강화해야 할 것이다. 식품시스템의 수용성(acceptability)은 보다 긴 임무 수행지속과 우주비행 중 수시로 관찰되는 불완전한 에너지 섭취로 더욱 중요한 사항이 되었다(20). 감소된 에너지 섭취는 함축적으로 승무원의 생존을 위협할지도 모른다. 여러 가지 다양한 식품 품목이 승무원에게 식단을 선택할 기회를 제공하고 식단이 싫증나는 것을 피하기 위해서 추천되었다(21). 식품은 필요한 영양을 제공할 뿐만 아니라 식사 시간은 승무원의 사회성을 길러주게 된다. 마음에 드는 식품들은 연장된 우주비행의 스트레스를 줄이는 주요한 역할을 완수할 수 있다. 식품시스템은 처음의 우주선 적용기술을 강조하여 점차 지원되는 탐험임무에 기술을 맞출 것이다. 식품시스템의 개발은 이중과제 접근방법이 필요하다(22). 그 중 식품수송시스템(Transit Food System)은 달이나 행성의 표면에 초기 체류 시 필요한 시스템이고, 식품사전포장시스템(Lunar/Planetary Surface Food System)은 식품수송시스템의 품목 대부분으로 왕복선과 국제우주정거장에서 사용한 식품과 흡사할 것이다. 현재 보존방법에 더해서 보

Refrigerated*Dairy*

Cheese
 Cheese slices
 Cream cheese
 Beef, steak, teriyaki
 Beef, stir fried with onion
 Sour cream
 Yogurt, fruit

Fruits

Apple
 Grapefruit
 Kiwi
 Orange
 Plum

Frozen*Meat and eggs**Beef:*

Beef, brisket, BBQ
 Beef, enchilada with spanish rice
 Beef, fajita
 Beef, patty
 Beef, sirloin tips with mushrooms
 Beef, steak, bourbon
 Beef, stroganoff with noodles
 Luncheon meat
 Meatloaf with mashed potatoes and gravy

Lamb:

Lamb, broiled

Poultry:

Chicken, baked
 Chicken, enchilada with spanish rice
 Chicken, fajita
 Lasagna, vegetable with tomato sauce
 Noodle, stir fry
 Spaghetti with meat sauce
 Spaghetti with tomato sauce
 Tortellini with tomato sauce, cheese

Other:

Egg rolls
 Enchilada, cheese with Spanish rice
 Pizza, cheese
 Chicken, grilled
 Chicken, oven fried
 Chicken, pot pie
 Chicken, stir fried with diced red pepper
 Chicken, teriyaki with spring vegetables
 Duck, roasted
 Meatball, porcupine (turkey)

Pork:

Bacon
 Bacon, Canadian
 Ham, baked with candied yams
 Pork, chop, baked with potatoes au gratin
 Pork, sausage, patties
 Pork, sweet and sour with rice

Seafood:

Fish, baked
 Fish, grilled
 Fish, saut ed
 Lobster, broiled tails
 Scallops, baked
 Seafood, gumbo with rice
 Shrimp, cocktail
 Tuna, noodle casserole

Eggs:

Egg, omelet, cheese
 Egg, omelet, vegetable
 Egg, omelet, ham
 Egg, omelet, sausage
 Egg, omelet vegetable and ham
 Egg, omelet vegetable and sausage
 Egg, scrambled with bacon, hash browns sausage

*Quiche, vegetable**Quiche, Lorraine**Pasta mixtures:**Starchy Vegetables*

Corn, whole kernel
 Potato, baked
 Potatoes, escalloped
 Potatoes, oven fried
 Potatoes, mashed
 Yams, candied
 Succotash
 Squash corn casserole
 Pizza, meat
 Pizza, vegetable
 Pizza, supreme

Fruit

Apples, escalloped
 Broccoli, cream of
 Chicken, cream of
 Chicken noodle
 Mushroom, cream of
 Won ton

Grains

Biscuits
 Bread
 Cornbread

Dinner roll
Garlic bread
Sandwich bun, wheat/white
Toast, wheat/white
Tortilla
Breakfast items:
Cinnamon roll
French toast
Pancakes, buttermilk
Pancakes, apple cinnamon
Waffles

Pasta:

Fettuccine alfredo
Macaroni and cheese
Spaghetti

Rice:

Fried
Mexican/Spanish
White
Pie, pecan
Pie, pumpkin

Beverages

Apple juice
Grape juice
Grapefruit juice
Lemonade
Orange juice

Condiments

Margarine
Grated cheese

Cereals

Hot cereal
Oatmeal
Cream of wheat
Grits

Thermostabilized

Fruit

Applesauce
Fruit cocktail
Peaches
Pears
Pineapple

Salads

Vegetables

Asparagus tips
Beans, green
Beans, green with mushrooms
Broccoli au gratin
Broccoli

Carrot coins
Cauliflower au gratin
Chinese vegetables, stir fry
Mushrooms, fried
Okra, fried
Peas
Peas with carrots
Squash, acorn with apple sauce and cinnamon
Zucchini, spears, fried

Desserts

Cakes:

Angel food cake
Brownie, chocolate
Chocolate fudge
Shortcake
Yellow cake with chocolate frosting

Dairy:

Ice cream, chocolate
Ice cream, strawberry
Ice cream, vanilla
Yogurt, frozen

Pie and Pastry:

Cheesecake, chocolate
Cheesecake, plain
Cobbler, peach
Pie, apple
Pie, coconut cream
Pudding, lemon
Pudding, tapioca
Pudding, vanilla

Condiments

Barbecue sauce
Catsup
Chili con queso
Cocktail sauce
Cranberry sauce
Dill pickle chips
Dips, bean
Dips, ranch
Honey
Horseradish sauce
Jelly, assorted
Lemon juice
Mayonnaise
Mustard
Mustard, hot Chinese
Orange marmalade
Peanut butter(chunky, creamy, whipped)
Picante sauce
Sweet and sour sauce

Syrup, maple
 Taco sauce
 Chicken salad
 Tuna salad
 Turkey salad
Vegetable:
 Bean salad, three
 Pasta salad
 Potato salad, German
 Sauerkraut
Soups
 Chili
 Clam chowder
 Egg drop
 Miso, Japanese
 Vegetable
Desserts
 Pudding, butterscotch
 Pudding, chocolate

Natural Form

Fruit

Apples, dried
 Apricots, dried
 Peach, dried
 Pear, dried
 Pruned
 Raisin
 Trail mix
Grains
 Animal crackers
 Cereal, cold
 Chex mix
 Crackers, assorted
 Baked chips, tortillas
 Baked chips, potato
 Pretzels
 Goldfish
 Tortilla chips
 Potato chips
 Rye krisp, seasoned

Desserts

Cookies
 Butter
 Chocolate chip
 Fortune
 Rice krispies treat
 Shortbread

Snacks

Beef jerky

Nuts:
 Almonds
 Tartar sauce
Beverages
Fruit juices:
 Cranberry
 Cranberry apple
 Cranberry raspberry
 Gatorade, assorted
 Pineapple
 Pineapple grapefruit
 Tomato
 V-8
Milk:
 Skim
 Low fat
 Chocolate(low fat or skim)
 Whole
 Cashews
 Macadamia
 Peanuts
Candy:
 Candy-coated chocolates
 Candy-coated peanuts
 Lifesavers
 Gum(sugar free)

EVA Food

In-suit fruit bar

Rehydratable

Beverages
 Apple cider
 Cherry drink
 Cocoa
 Coffee(assorted)
 Grape drink
 Grapefruit drink
 Instant breakfast, chocolate
 Instant breakfast, vanilla
 Instant breakfast, strawberry
 Orange drink
 Orange mango drink
 Orange pineapple drink
 Tea(assorted)
 Tropical punch

Irradiated Meat

Beef steak
 Smoked turkey

Appendix B

Gemini 표준식단표 (4일 주기)

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
Meal A	Meal A	Meal A	Meal A
Peaches	Fruit Cocktail	Peaches	Fruit Cocktail
Bacon Squares (8)	Sugar-Coated Cornflakes	Bacon Squares (8)	Sausage Patties
Cinnamon Toast Bread Cube (4)	Bacon Squares (8)	Strawberry Cube (4)	Bacon Squares (8)
Grapefruit Drink	Grapefruit Drink	Cocoa	Cocoa
Orange Drink	Grape Drink	Orange Drink	Grape Drink
Meal B	Meal B	Meal B	Meal B
Salmon salad	Potato Soup	Cream of Chicken Soup	Potato Soup
Chicken and rice	Chicken and Vegetables	Turkey and Gravy	Pork and Scalloped Potatoes
Sugar Cookie Cube (4)	Tuna Salad	Butterscotch Pudding	Apple Sauce
Cocoa	Pineapple Fruitcake (4)	Brownies	Orange Drink
Grape Punch	Orange Drink	Grapefruit Drink	
Meal C	Meal C	Meal C	Meal C
Beef and Potatoes	Spaghetti and Meat Sauce	Pea Soup	Shrimp Cocktail
Cheese Cracker Cubes(4)	Ham and Potatoes	Beef Stew	Chicken Stew
Chocolate Pudding	Banana Pudding	Chicken Salad	Turkey Bites (4)
Orange-Grapefruit Drink	Pineapple-Grapefruit Drink	Chocolate Cubes (4)	Dry Fruitcake (4)
		Grape Punch	Orange-Grapefruit Drink

Appendix C

우주왕복선 표준식단표 (4일 주기)

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
Meal A	Meal A	Meal A	Meal A
Dried Peaches	Dried Pears	Dried Apricots	Dried Peaches
Cornflakes	Beef Patties	Breakfast Roll	Bran Chex
Orange-Pineapple Drink	Scrambled Eggs	Chocolate Instant Drink	Orange-Mango Drink
Cocoa	Vanilla Instant Breakfast Orange Juice	Grapefruit Drink	Cocoa
Meal B	Meal B	Meal B	Meal B
Ham	Peanut Butter	Turkey Salad Spread	Dried beef
Cheese Spread	Apple or Grape Jelly	Tortilla x2	Cheese spread
Tortilla x2	Tortilla x2	Peaches	Applesauce
Pineapple	Fruit Cocktail	Granola bar	Peanuts
Cashews	Trail Mix	Lemonade	Tropical Punch
Strawberry Drink	Peach-Apricot Drink		
Meal C	Meal C	Meal C	Meal C
Chicken a la King	Frankfurters	Spaghetti w/Meat Sauce	Teriyaki Chicken
Turkey Tetrazzini	Macaroni and cheese	Italian Vegetables	Rice and Chicken
Cauliflower w/Cheese	Green Bean w/ Mushrooms	Butterscotch Pudding	Green Beans and Broccoli
Brownie	Peach Ambrosia	Orange Drink	
Grape Drink	Tropical Punch		

Appendix D

국제우주정거장 표준식단표 (4일 주기)

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
Meal A	Meal A	Meal A	Meal A
Eggs Scrambled w/Bacon, Hash Browns, Sausage Toast Margarine Jelly, Assorted Apple Juice Coffee/Tea/Cocoa	Cereal, cold Yogurt, fruit Biscuit Margarine Jelly, assorted Milk Cranberry Juice Coffee/Tea/Cocoa	French Toast Canadian Bacon Margarine Syrup Orange Juice Coffee/Tea/Cocoa	Cereal, hot Cinnamon Roll Milk Grape Juice Coffee/Tea/Cocoa
Meal B	Meal B	Meal B	Meal B
Chicken, oven-fried Macaroni and Cheese Corn, whole kernel Peaches Almonds Pineapple-Grapefruit Juice	Soup, cream of broccoli Beef Patty Cheese Slice Sandwich Bun Pretzels Cried Apples Vanilla Pudding Chocolate Instant Breakfast	Cheese Manicotti w/ Tomato Sauce Garlic Bread Berry Medley Cookie, shortbread Lemonade	Quiche Lorraine Seasoned Rye Krisp Fresh Orange Cookies, Butter
Meal C	Meal C	Meal C	Meal C
Beef Fajita Spanish Rice Tortilla Chips Picante Sauce Chili con Queso Tortilla Lemon Bar Apple cider	Fish, saut ed Tartar Sauce Lemon Juice Pasta Salad Green Beans Bread Margarine Angel Food Cake Strawberries Orange-Pineapple Drink	Turkey Breast, slices Mashed Sweet Potato Asparagus Tips Cornbread Margarine Pumpkin Pie Cherry Drink	Soup, won ton Chicken Teriyaki Chinese Vegetable, stirfry Egg Rolls Hot Chinese Mustard Sweet n Sour Sauce Vanilla Ice Cream Cookies, fortune Tea

다 나은 고품질의 식품을 제공하는 다른 기술이 연장된 유통기한, 향상된 만족도, 향상된 영양섭취의 제공이라면 특히, 주시될 것이다. 2.5년에서 그 이상의 장기간 임무를 위한 가장 큰 도전 중 하나는 식품의 유통기한을 3~5년으로 제공하여야 한다. 분명한 것은 안전성은 매우 중요한 고려사항이다. 유통기한은 식품의 품질이 더 이상 유지되지 않을 때로 정의할 수 있다. 더하여 식품시스템이 승무원의 영양에 유일한 근원이기 때문에 영양의 손실이 유통기한의 종료점에 문제를 일으킬 때 끝날 것이다. 그리고 유통기한은 외관, 조직감, 또는 냄새와 같은 식품의 품질요인의 변화로 결정할 수 있다. 포장시스템은 한층 더

고찰을 요구한다. 그것은 가공과 저장조건, 부피 제한 및 고형 폐기물 관리시스템의 요구조건과 호환성을 가질 필요 있다. 수송하는 동안에 생긴 대부분의 폐기물이 식품포장에 의해 생긴 폐기물로 평가되었다. 생물분해, 재활용, 식용 가능한 포장재료의 사용은 고형 폐기물 관리요소에 부담을 주지 않는다고 평가될 것이다. 만약에 많은 식품이 소비되지 않고 버려지면 고형 폐기물 관리요소는 중대한 영향을 받을 것이다. 임무기간 동안 모든 식품이 유통기한을 유지하는 것은 매우 중요하다. 신선한 상태로 먹을 수 있는 샐러드 작물은 식품수송시스템에 포함된다. 이들 신선한 작물들은 가공이 많이 필요하지 않기

때문에 식품사전포장시스템에서의 초기에 사용이 고려되고 있다. 당근, 토마토, 상추, 무, 시금치, 배추, 양파 등이 고려되고 있는 신선한 채소작물이다(23). 이들 작물은 식단의 다양성, 조직감, 색깔이 제공됨으로써 정신적 안정감을 증대시킨다. 식품사전포장시스템은 장기간 달이나 행성표면에 머무르는 동안 적당한 영양섭취를 제공할 것이다. 저장된 식품과 셀러드 작물은 달이나 행성표면에 영구한 생활기지가 건설될 때까지 표면에 머무는 초기단계에 사용될 것이다. 수경재배 방법으로 재배될 작물은 감자, 고구마, 밀, 땅콩, 쌀, 그리고 강낭콩이 있다. 그리고 식품사전포장시스템의 마지막 과제는 주방에서의 식품준비이다. 식단은 재공급 식품 이외에 가공한 작물로 만든 식품을 포함하여 만들어질 것이다. 작물로부터 생산하여 식품을 공급하기 때문에 재공급 식품은 최소한 유지될 것이다. 주방에서 사용될 조리법은 최소한의 시간으로 승무원이 조리할 수 있고, 안전과 영양적이고 만족스러운 식품시스템을 제공할 수 있도록 개발해야 할 것이다. 식단은 승무원의 스트레스를 방지하기 위해 충분히 다양한 식품들이 제공되어야 할 것이다.

이 두 가지 식품시스템은 본질적으로 다르다. 식품수송 시스템은 무중력상태에서 운영되고, 식품사전포장시스템은 좀 더 다루기 쉽고, 지구 같은 조작이 허용되는 부분 중력에서 운영된다. 식품시스템이 개발되고 있는 동시에 공기 회수, 물 회수, 생물자원 생산, 고품 폐기물 관리 및 열 제어 시스템에 영향이 미치는 것을 끊임없이 완성하고 결정해야 한다. 장기 우주비행 임무에 잘 통합된 생명유지장치들을 공급하기 위해서 식품시스템과 다른 생명유지를 위한 요소의 요구 및 제약을 비교 검토하지 않으면 안 된다. 식품시스템은 완전한 식품시스템을 개발하면서 동력과 용적 이용도, 물 유용성을 고려할 필요가 있다. 미래 식품기술의 과제는 인간연구계획의 우주인간 요인과 거주 의 일부이다. 미래식품기술의 최종목표는 유인 우주선을 타고 달, 화성, 그리고 다른 행성에서 임무를 수행할 기술을 개발해 제공하는 것이다.

결론

세계는 지금 우주과학의 각 분야에서 치열한 경쟁을 하고 있다. 우주분야 첨단기술의 달성수준이 그 나라 과학기술의 척도가 되고 있다. 이제 우리나라도 중장기적으로

우주과학기술분야에 막대한 예산을 투입할 계획을 수립하여 놓고 선진국들과 공동연구 등을 통하여 압축적 발전을 위하여 노력하고 있다. 그 중에서 유인 우주선 기술은 인간의 생명유지시스템이 매우 중요한 필수요소로서 그 중 우주인의 건강과 생명을 유지하는 우주식품의 개발은 매우 중요한 분야이다. 미국과 러시아가 1961년 이래 약 50년 동안 연구개발해 온 우주식품개발 분야를 이번 한국 최초 우주인의 탄생으로 시작된 한국형 우주식품 개발이 장기적 계획에 따라 지속적으로 연구개발 되어야 할 것이다.

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, Huber 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. Anon. Nutritional requirements for International Space Station missions up to 360 days, JSC-28038. Houston, TX: NASA Johnson Space Center. (1996)
19. 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)
20. Lane HW, Smith SM. Nutrition in space. In: *Modern Nutrition in Health and Disease.* Maurice S, Olson JA, Shike M. Williams&Wilkins. 783-788 (1998)
21. 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)
22. 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)
23. 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)
24. 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)
25. Perchonok M, Bourland C. NASA food systems: past, present, and future. *Nutrition.* 18: 913-920. (2002)
26. www.nasa.gov
27. www.ag.iastate.edu/centers/ftcsc