



우주식품의 개발과 한국 홍삼차

Development of the Space Foods and Korean Red Ginseng Tea

김성수

한국식품연구원 산업진흥연구본부 지역특화산업연구단
경기도 성남시 분당구 백현동 516번지

Sung-Soo Kim

Regional Food Industry Research Group, Research Division for Food Industry, Korea Food Research Institute,
516, Baekhyeon-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-746, Korea

서론

우주의 무중력 환경에서 장기간 생활하는 우주인들의 건강 유지에 가장 기본이 되는 것이 우주식품이다. 그들이 원하는 우주식품은 평소 지상에서 먹는 것과 같은 맛을 지니는 것이며, 이것이 우주식품 개발의 기본 목적이며 숙제이다. 우주인에게 가장 중요한 것은 지상이나 우주공간에서 장단기 임무를 모두 충실히 수행할 수 있는 건강관리이다¹⁾. 건강을 지켜주는 가장 기본이 되는 것은 건전한 식품 섭취를 통한 즐겁고 건강한 식생활을 유지하는 것이다. 우주비행 동안의 충분한 음식공급 및 저장은 유인우주비행이 시작되고 나서부터 지금까지 약 50년 가까운 기간에 지속적으로 연구개발되어 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 시형착오 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 급속동결기술의 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 뚱뚱 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 우주 환경은 우주식품의 포장과 음식의 선택 그리고 식품시스템에

Corresponding author: Sung-Soo Kim, Ph.D,
Regional Food Industry Research Group, Research Division for Food Industry,
Korea Food Research Institute
516, Baekhyeon-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-746, Korea
Tel: +8231-780-9067, Fax: +8231-780-9067
E-mail: sung@kfri.re.kr

대한 요구조건에 큰 영향을 주게 되었다.

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 제약조건이 있어 그 곳에는 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 섭씨 80도 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 330여종의 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. 그래서 우주생활의 가장 기본이 되는 식생활은 건강과 즐거움을 줄 수 있어야 한다는 것이 우주식품 개발의 기본 목적이며 숙제인 것이다. 최적 상태의 유인우주비행을 위해서 우주식품의 준비, 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 막

대한 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.

한국은 최근에서야 한국 최초의 우주인을 선발하고 2008년 4월 8일 러시아 소유즈 우주선을 타고 우주정거장에서 8일 정도 머물면서 다양한 과학실험을 성공적으로 수행하였다. 이때부터 우주식품의 개발이 시작되었고, 우선 우리의 전통식품인 김치, 고추장, 된장국, 밥, 홍삼차 및 녹차에 대하여 우주식품의 조건에 적합하도록 개발하게 되었다. 그 제품들은 2007년 10월에 러시아연방 우주국(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 메뉴로 작성되어 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 우주식품으로 적합한지를 평가받고 메뉴의 품목으로 인증받는 절차를 거치게 된다. 이제 한국의 우주식품 개발은 시작되었고 국가의 중장기 우주기술개발과 같이 발걸음을 하면서 생명유지시스템의 중요한 부분으로 지속적인 연구개발이 있어야 할 것으로 본다.

1. 우주선과 우주정거장

가. 우주왕복선

미국 우주왕복선 임무(1981~현재)는 지구에서와 같은 식품 섭취를 위하여 이전 임무 때 사용한 식품포장법과 기계품목을 갱신하는 것으로 계획되었다. 우주왕복선은 계획된 짧은 임무기간과 저장공간 및 우주왕복선의 전력 부족으로 냉동고와 냉장고가 없는 식품체계로 돌아왔다¹³⁾.

개봉된 식품용기를 식판에 올려 먹는 것에 기초를 둔 새로운 식품체계 개념은 왕복선 식품체계에 사용되었다. 우주왕복선





에서 섭취한 우주식품개발의 특별한 중점은 상온에서 저장 가능한 일반 상업화된 식품을 사용한 것이다.

우주식품이 상업화된 제품 사용에서의 장점은 제품 개발에 많은 노력이 필요하지 않고, 승무원에게 이미 증명된 제품이라는 것이다. 단점은 상업화된 식품의 공정이 변경되거나 예고 없이 중단 할 수 있다는 것이며, 소금과 지방함량이 높다는 것이다. 왕복선의 식품은 Middeck에 설치된 주방에서 준비된다. 재수화 장소와 오븐이 있는 주방은 온수와 냉수를 사용하거나 식품을 데울 수 있게 되어있었다. 왕복선 4명의 대원의 식사 준비시간은 5분 정도 소요되었으며 재수화와 식품이 데워질 때까지의 시간은 20-30분이 더 소요되었다. 식사 후 식품 포장지는 Middeck 바닥의 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. 식판이 없으면 개봉한 한 종의 식품을 완전히 섭취하기 전까지 다른 종류의 식품을 섭취 할 수 없는 불편함이 있으나, 식판을 사용함으로써 여러 가지 식품을 동시에 섭취 할 수 있었다. 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 Bowl 포장지를 30단계 이상 향상시켜 개발하였다. 우주식품의 포장은 우주비행 시 적재되는 무게와 부피의 제한에 따라 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 제공하므로 인해 음료수를 포함한 왕복선의 식품은 대략 50% 정도가 건조 식품으로 제조 되었다⁽¹⁴⁾. 건조식품은 온수나 냉수로 원래 상태로 복원된다. 수화 시 물의 양과 시간이 품목에 따라 다르므로 사용설명서는 식품 포장지 표지에 인쇄되었다. 건조식품 외 나머지 식품들은 가열살균한 식품, 방사선 처리 식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품 그리고 중간수분식품으로 구성되어 있다. 부피와 무게를 줄이

기 위해 가열살균한 식품을 통조림에서 유연포장지로 바꾸었다. 방사선 처리 식품 역시 유연성 포장지를 사용했다. 이 식품들은 오븐으로 데울 수 있었다. 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품(견과류, 과자, 그라놀라바)과 중간수분 식품(건조된 과일)도 유연성 포장지를 사용하여 포장하였다. 중간수분식품은 미생물의 성장에 이용 가능한 수분함량(수분활성도)의 제한으로 안정되었다. 음료수는 분말형태로 섭취 전에 물을 타서 원상태로 되게 하였다⁽¹⁵⁾. 짧은 임무기간과 14.7 lb/in²의 절대 선실압력은 식품 포장재의 차단성과 강도의 이완을 허용하였다. 그러나 인화성과 배출가스 필요조건은 엄격히 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 수행한 후에는 자기가 선택한 식단을 원하는 특정한 승무원만이 원하는 식단표와 같은 식사를 먹을 수 있었으나, STS-7 이후부터 승무원 각자 가장 선호하는 식단 선정 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 식품을 선택할 수 있다. 그러므로, 실제 비행 식이섭취는 비행 전에 짠 영양적으로 균형 잡힌 식단에 미치지 못한다. 아주 소수의 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 섭취량은 식품의 질과는 상관없이 매우 바쁜 임무와 충분한 양의 식사를 할 시간이 되지 않았다. 우주적응증후군은 짧은 임무기간이 요인인 지도 모른다. 우주식품은 식품과학자, 영양사 및 식품공학자에 의해 개발되고 연구된다. 식품은 영양적 분석, 관능적 평가, 저장 연구, 포장 평가와 많은 다

른 방법들을 통해 분석된다. 식품 평가는 왕복선 발사 8-9달 전에 승무원들에게 수행되며, 식품 평가기간 동안에 우주비행사들은 비행 중에 섭취하게 될 식품과 음료수를 견본으로 시험한다. 승무원들은 식단을 선택하고 그들 재량으로 섭취 일을 반복할 수 있다. 그들은 아침, 점심, 저녁을 기본에 두고 계획한다. 간식은 식사와 함께 나열되어있다. 우주식품의 종류는 재수화 식품, 가열살균 한 식품, 방사선 처리식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품들이 있다. 재수화 식품은 음료용과 식품용 두 가지이다. 우주발사 시 무게를 최소화하기 위해 식품에서 수분을 제거한 식품으로 식품섭취 전에 왕복선의 연료전지의 부산물로 생산된 물로 재수화 할 수 있다. 재수화용 식품의 종류는 다음과 같다. 콘소메 닭 요리와 버섯 크림과 같은 수프류, 치즈마카로니와 치킨라이스 같은 캐서롤류, 새우카테일 같은 전체요리, 스크램블드 에그와 시리얼과 같은 아침식사가 있다. 아침식사용 시리얼은 무지방 분유와 설탕을 첨가하여 건조시켰으며 물은 식사 전에 주입하였다. 재수화용 식품 포장지는 폐기물의 압축을 쉽게 하기 위해 유연 재질로 만들었다. 식품 포장지 바닥에 벨크로를 부쳐 식판에 고정시켰다. 만약 따뜻하게 내어야 할 식품은 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 없앤다. 가열살균한 식품의 개별 포장지는 알루미늄이나 두 가지 금속으로 된 통조림, 합성수지로 된 컵이나 유연 레토르트포장지가 있다. 과일이나 참치, 연어 같은 생선류는 통조림에 포장되어 가열살균한다. 통조림은 뚜껑 전체를 쉽게 열 수 있다. 푸딩은 합성수지로 된 컵에 포장된다. 주요 요리의 대부분은 유연 레토르트포장지에 포장된다. 그 종류는 버섯쇠고기, 토마토와 가지, 알라킨식 닭 요리, 햄이다. 유연 레토르트 포장지는 먹기 전 데워진 후 가위로 윗부분을 자르고 먹는다. 몇몇의 방사선 처리한 고기는 우주왕복선 승무원을 위한 것이며, 가열살균한 식품에 비해 바로 먹을 수 있거나 먹기 바로 전에 데울 수 있으며 유연 레토르트포장지를 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 통

상적으로 개별 레토르트포장지에 케첩, 겨자, 마요네즈, 타코 소스와 고추소스가 포함된다. 폴리에틸렌으로 된 점적기에 기름에 녹아있는 액체형태의 후추와 물에 녹아있는 소금이 있다. 토르티아는 왕복선 우주비행사들의 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 준비할 수 있었다. 신선한 과일이나 채소는 예외였다. 냉장고가 없어 신선한 식품들은 비행 후 빨리 먹지 않으면 부패해서 먹을 수 없었다. 일단 우주비행사가 비행 약 5개월 전에 식단 선택을 하면 식단은 영양적으로 분석되고 결핍되는 영양소가 있으면 보충한다. 식단 수정이 끝나고 발사 3개월 전에 휴스턴에서 공급된다. 식품은 발사 1개월 전에 존슨 우주센터에서 포장되고 칸막이 저장고에 실린다. 실린 식품저장고와 수송컨테이너는 냉장상태로 유지된다. 발사 전 3주 동안, 식품저장고는 플로리다에 위치한 케네디 우주센터에서 실린다. 발사 2~3일전에 냉장보관상태로 왕복선에 실린다. 신선한 식품 저장고는 왕복선이 발사되기 24-36시간 전에 토르티아, 빵, 아침용 롤빵, 사과, 바나나, 오렌지, 당근과 셀러리 대 등이 채워졌다. 식사는 그것들이 사용되는 순으로 식품 포장지 칸막이 저장고에 정돈되어 실려진다. 칸막이 저장고의 앞면 표기는 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 우주왕복선에 실려 저장되어 각 포장지에 부착된 색깔 별 물방울 무늬표에 의해서 식별된다. 한 사람당 여분 2일치 식량이 보충 식품저장고에 넣어서 각각의 우주선에 실린다. 비행 동안에 식품공급은 여분의 음료와 간식으로 제공된다. 우주공간에서의 식사는 빠르고 쉽게 준비할 수 있어야 하며, 잘 알려져 있고, 식욕을 돋워주고, 기호성이 좋은 식품 품목으로 구성된다. 4명 전원의 승무원을 위한 식사는 5분 안





에 갖추 수 있다. 복원되고 데워지는 식품은 20-30분 소요된다. 우주왕복선에서의 식품은 왕복선의 Middeck에 설치된 주방에서 준비된다. 주방은 물 분배기(Water Dispenser)와 오븐을 가지고 있는 모듈의 구성부분이다. 물 분배기는 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 정찬용 판이 되게 하고, 정확히 집에서 식사하는 것과 같이 몇 개의 식품으로부터 바로 선택이 가능하다. 식판이 없으면 하나의 용기에 담긴 식품을 다 소비하기 전까지 다른 식품을 열어서 먹을 수 없다. 식판은 포장지가 뜨는 것을 방지한다.

나. 우주왕복선과 Mir

국제우주정거장 계획의 첫 번째 단계의 일부분은 Mir 우주정거장에서 미국 우주비행사들이 러시아 우주비행사들과 합동임무를 수행할 협약을 가진 것이 이 임무들은 미국의 오랜 기간 연구와 초기의 국제우주정거장을 위해 계획과 비슷한 경험이 제공되었다. 미국이 참여한 첫 번째 Mir 임무(LDM-1)는 한 명의 미국 우주비행사와 두명의 러시아 우주비행사가 탑승한 Soyuz선이 러시아가 미국을 위해 첫 번째로 발사되고 1995년 3월에 Mir에 도킹되었다. 미국 우주비행사는 1998년 5월까지 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 표시되어있지 않았지만 Mir에서 섭취된 식품은 모두 표시되어 있었다. Mir 주방에 있는 2개의식품용 가열장치는 온수관과 통조림과 빵을 데우는 오목한 곳이 각각 4개씩 있다. Mir의 온수온도가 왕복선보다 조금 뜨거웠기 때문에, 승무원들은 건조 식품을 재수화 후 가열하지 않았다. Mir와 왕복선의 온수온도는 80℃와 76℃로 별 차이가 없어 왕복선에서 재수화 식품을 섭취할 때마다 데워지는 않았다. Mir에서는 65℃에서 식

품을 데웠으나, 왕복선 식품 포장지에는 적용하지는 않았다. 초기왕복선 임무에서 사용한 왕복선 온열기는 Mir 전기 사상으로 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 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)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 2,500 kcal, 간식을 500 kcal로 계획했다. 모든 승무원들은 우주식품품목의 다양성 부족과 다양성을 주기 위한 러시아와 왕복선 식품들의 혼합 사용에 다양성의 유례없는 형태 창안에 힘들여 했다.

다. 국제 우주 정거장

국제우주정거장은 1998년 러시아가 우주정거장 전체구조물의 한 부분인 Zarya 모듈을 우주공간에 쏘아 올림으로써 건설이 시작된 이후로 미국과 러시아를 비롯한 세계 각국이 참여하여 건설중인 연구시설을 갖춘 다국적 우주정거장이다. 2015년 완공 예정인 국제우주정거장이 완성되면 과거 러시아 Mir 우주정거장보다 4배 이상이 큰, 6개의 거대한 실험실을 갖추게 된다. 향후 5년 이상의 기간 동안 다양한 운송수단(러시아의 Souyz 우주선과 Progress 화물선, 미국의 우주왕복선)을 동원하여 43회의비행을 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 현재가장 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 재공급 된다. MPLM은 재료와 공급물 수송에

사용되는 우주왕복선 탑재실을 옮겨온 가압 모듈이다. 2004년 HAB 모듈이 발사되기 전까지의 국제우주정거장의 거주자들은 미국과 러시아(왕복선과 Mir)의 공동식품체계를 사용하였다. 국제우주정거장에서의 식품체계의 목표는 지구와 흡사하고, 이전의 체계보다는 더 발전된 식품체계를 만드는 것이다. 국제우주정거장의 식품은 우주왕복선 체계와 유사하다. 각각으로 포장된 건조식품, 가열살균한 식품, 방사선 처리식품, 중간수분식품, 우주식품으로의 개발을 위해 재가공하지 않은 식품들이 있다.

무중력 상태에서 실시간 식단 교환을 제공하기 위해, 용기에서 다른 용기까지 식품을 옮길 필요가 없는 단일 분배용기에 포장되었다. 단일 분배용기는 식기세척기가 필요 없었다. 이중 언어 표기를 위한 기초자료와 영양적, 관능적 정보의 변화는 국제우주정거장 식품체계를 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 Progress 선에 실려, 지구의 대기로 재돌입하여 대기와의 마찰에 의해 소실된다. Progress 선은 러시아의 무인 우주선으로 국제우주정거장으로 재공급 물품을 가져온다. Progress 선은 임무가 완성되었을 때, 국제우주정거장으로부터 폐기된다. Progress 선이 지구의 대기로 재돌입되었을 때 파괴된다. 우주왕복선의 전력을 공급하기 위한 연료전지는 부산물로 물을 생산하였다. 그러나 국제우주정거장의 전력은 태양 전지판에 의해 생산되어 물을 생산하지는 못한다. 물은 여러 다양한 과정을 통해 재순환되어 생산된다. 그러나 식품체계에 사용하기에는 충분치 못하다. 그러므로, 대개의 국제우주정거장의 식품계획은 냉동, 냉장, 가열살균한 식품과 식품 섭취 전 물을 넣지 않아도 되는 식품들이다¹⁷⁾. 우주왕복선처럼, 국제우주정거장은 냉수는 없어 승무원들은 미온수 또는 온수만을 사용할 수 있다. 우주왕복선과 유사한 국제우주정거장의 음료용 포장지는 보다 긴 유통기한을 위해서 공급된 박과 합성수지 적층물로 만들어 져고 건조형태의 식품이 대부분이며, 냉장고에 저장되는 농축과 일주수도 개발되었다. 처음 2번의 비행은, 주 메뉴를 위주로 식품을 만들었으나, 승무원의 요구에 따른 식품품목의 저장방

법 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 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 8일을 주기하고 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, 거기에서 발사되기를 기다린다. 나머지 식단의 반은 러시아에서 준비되고 Progress 선을 타고 발사된다. 대개의 식품은 러시아 식품 칸인 Zarya와 Node2 모듈에서 저장된다. 신선한 식품들은 국제우주정거장에 왕복선이나 Progress 선이 도착될 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 내장되어있다. 미국 식품의 포장지는 그 식탁의 오목한 부분에 맞지 않기 때문에 휴대용 가열기를 사용하였다. 우주식품은 8가지 종류로 구분된다. 재수화용 식품은 저장을 용이하게 하기 위해 식품을 건조시켰다. 재수화용 식품은 음료수와 건조식품들이 있다. 오트밀도 재수화 식품에 포함된다. 가열살균한 식품은 열에 의해 가공된 식품으로 실내온도에서도 저장이 가능하다. 대부분의 과일이나 생선은 통조림으로 가열살균한 식품이다. 통조림은 식료 잡화점에서 구입할 수 있는 과일통조림과 유사한 한번에 열리는 뚜껑으로 되었다. 푸딩은 합성수지로 된 컵으로 포장되었다. 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. 우주식품으로의 개발을 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 유연 박포장지로 포장되고 방사선에 의해 살균되어 실내온도에서도 저장이 가능하다. 다른 방사선 처리식품들은 국제우주정거장을 위해 개발되고 있다. 냉동식품은 큰 얼음결정체 생성억제를 위해 급속 동결되었다. 식품 원래의 조직감의 유지와 신선한 맛 유지에 도움이 되는 방법이다. 키시, 캐서롤, 닭단지파이가 포함된다. 신선식품은 전혀 가공되지 않고 인공적인 보존처리가 없는 식품으로 사과와 바나나가 포함된다. 냉장식품은 부패 방지를 위해 냉장보관이 가능한 식품들을 포함한다. 예를 들어 크림 치즈와 사워크림이다.

2. 우주식품 개발과정

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).

Table 1

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	mkg	70
chromium	mkg	100 - 200
iodides	mkg	100 - 200

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

Table 2

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
Commercial sterile products (thermostabilized and irradiated)	Bacillus cereus	< 10/g
	Sporogenic mesophilic bacilli	<10/g
	Mesophilic anaerobes	0/5 g
	Yeasts, fungi (in items with pH < 4,2)	0/2 g

인증절차

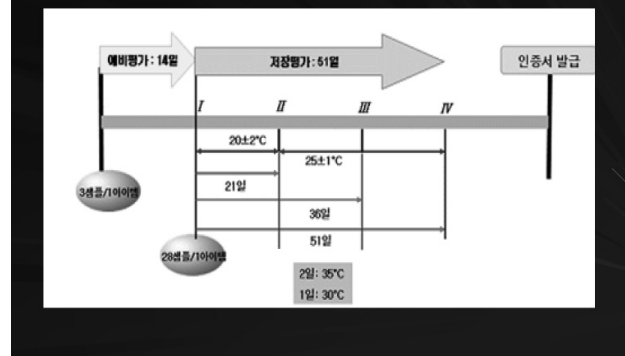


Fig.1

우주비행사가 섭취하는 식품의 종류는 모호한 혼합식품이 아니고 지구의 식료품점에서 쉽게 구할 수 있는 식품이다. 식단은 각 승무원이 우주환경에서 업무수행 하는데 필요한 비타민 및 무기질의 모든 권장영양요구량을 공급하는 것을 목표로 하고 있다. 식품은 영양적인 가치를 위해 맛은 물론이고 동결 건조방법, 포장과 저장공정이 검사된다. 우주비행사에게 식품 품목을 관능검사하도록 의뢰한다. 관능평가법은 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 배

뉴를 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 우주 임무를 수행하는 동안에 건강을 유지하게 한다. 우주식품체계 연구소는 우주식품과 포장에 연구 및 개발하는 다목적의 연구소이다. 이 기관의 주요 연구는 우주식품 개발, 식품 보존기술, 메뉴 계획, 관능 평가, 동결건조, 급속냉각, 포장법 개발, 포장 기기의 제작과 설계, 포장지와 재료의 물리적 실험, 환경기체 조절 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 우주식품시스템연구소(SFSL:Space Food System Laboratory)는 관능평가연구실, 식품가공연구실, 식품포장연구실, 분석연구실로 나누어져, 동결과 동결 건조된 다양한 방법의 안정화 기술을 사용한 가공식품, 장기저장을 위한 질소 충전포장법, 가공식품의 장기저장 환경장치, 식품의 관능적 분석, 평가, 시제품의 평가와 우주식품 준비의 설비된 능력을 가지고 있고 개발한 식품을 준비하고 우주비행 동안 기술을 제공한다. 우주식품의 대부분이 수분함량이 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 과일, 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 1,900~2,500 kcal의 열량을 공급하게 된다. 탄산음료와 주류를 이용한 우주식품은 반입이 제한되어 있다. 또한 그곳에는 지상과 같은 조리기가 없이 태양열 에너지를 발생시켜 이를 이용한 전기가열기구를 이용하여 섭씨 80℃ 정도까지 열을 올릴 수 있는 가열장치

가 있을 뿐이기 때문에 모든 식품의 조리는 거의 불가능하여 테우면 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. 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 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 갈증, 전해질, 혈장 등이 빠져나간다. 혈액 속 적혈구의 량도 감소하면서 약간의 빈혈기가 생기며, 심장박동도 불규칙해져서 혈액순환이 원활히 이루어지지 않게 된다²⁴⁾. 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 물리게 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 증발해 버린다. 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 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. 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 철분 섭취를 하면, 철분은 몸에 저장되고 건강에 문제를 일으킨다. 나트륨과 비타민D는 골밀도에 영향을 준다. 우주비행사 식이의 과다나트륨섭취는 다른 건강에 문제를 일으킬 만큼 뼈를 손상시키기 때문에 나트륨함량이 제한되어 있다. 신체는 일광욕에 의해 비타민D를 생성한다. 그러나 우주선은 유해한방사선으로부터 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 생리학적 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 건강상태에서 임무를 시작하고, 가능한 한 임무 중에도 좋은 건강상태를 유지하여, 임무가 끝난 후 가능한 한 빨리 돌아오는 것은 중요하다. 우주정거장 승무원들은 비행 전부터 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 섭취빈도에 관한 설문 조사지에 기입한다. 전산결과는 전자적으로 지상에 보내져 영양전문의 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 식품의 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 10 일마다 바뀌게 된다. 1일사는 아침, 점심, 저녁 기본 3끼이며 1번의 간식이 있다. 그러나 이러한 메뉴변경 주기는 우주인에

게 다양한 식품을 섭취시키기 위해 연장될 수 있다. 식사시간이 되면 주인들은 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 제거하고 식품에 따라 국제우주정거장 벽에 붙어있는 물 제공장치에서 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 유인우주비행이다. 이 임무 동안 2.5년 정도의 기간 동안 달이나 행성 표면에 머무를 것이다. 장기간 탐험 임무에 식품체계의 첫 번째 목표는 맛있고 영양적이며 안전한 식품체계를 승무원에게 제공하고 부피, 질량, 폐기물을 최소화하는 것이다. 장기간 유인 탐험임무에 식품체계의 최고의 중요성이 과소평가되어서는 안된다. 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 있다¹⁸⁾. 예를 들어, 칼슘의 일일 권장 섭취량은 1,000mg이나 장기간의 우주임무를 위한 칼슘의 일일 권장 섭취량은 1,000-1,200mg이다. 반대로 철분의 일일 권장 수준은 우주에서 관찰된 철분저장의 변화를 토대로 우주비행을 위해 18mg에서 10mg으로 낮춰진다¹⁹⁾. 신체적 변화에 더하여 승무원들은 수면장애, 고독, 흥분성, 비판적 사고, 우울감, 두통, 사기저하, 근심, 집단 내에서의 적응력 문제, 집중력 부족, 정신운동 지체 등과 같은 심리적인 변화를 경험한다. 식품체계는 우주비행사의 생존에 필요한 영양소를 제공할 뿐만 아니라, 익숙하지 않고, 적합하지 않는 환경 가운데에 발생하는 정신적, 심리적 변화를 해소시켜 승무원의 복지를 강화한다. 식품체계의 수용성은 보다 긴 임무 수행 지속

과 우주비행 중 수시로 관찰되는 불완전한 에너지 섭취에 의해 아주 매우 중요하다²⁰⁾. 감소된 에너지 섭취는 다양한 식품 품목이 승무원에게 식단을 선택할 기회를 제공하고 식단이 싫증나는 것을 피하기 위해서 추천되었다²¹⁾. 식품은 필요한 영양을 제공할 뿐만 아니라 식사 시간은 승무원의 사회성을 길러주게 된다. 매우 마음에 드는 식품들은 연장된 우주비행의 스트레스를 줄이는 주요한 역할을 완수할 수 있다. 식품체계는 처음의 우주선 적용기술을 강조하여 점차 지원되는 탐험임무에 기술을 맞출 것이다. 식품체계의 개발은 이중과제 접근방법이 필요할 것이다²²⁾. 수송식품체계는 달이나 행성의 표면상에서 초기 체류 동안 식품체계를 전환 것이다. 사전포장 식품체계는 수송식품체계의 식품품목의 대부분으로 왕복선과 국제우주정거장에서 사용한 식품과 흡사할 것이다.

현재 보존방법에 더해서 보다 나은 고품질의 식품을 제공하는 다른 기술이 연장된 유통기한, 향상된 만족도, 향상된 영양 섭취의 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 주요한 고려사항이다. 유통기한은 식품의 품질이 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 냄새 품질요인의 변화로 결정할 수 있다. 포장체계는 한층 더 고찰을 요구한다. 그것은 가공과 저장조건, 부피 제한 및 고형 폐기물 관리체계로부터의 요구조건과 호환성을 가질 필요가 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 셀러드 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 야채작물이다²³⁾. 이들 작물은 식단의 다양성, 조직감, 색깔이 제공됨으로써 정신적 안정감





을 증대시킨다. 달/행성표면식품 체계는 장기간 달이나 행성 표면에 머무르는 동안 적당한 영양섭취를 제공할 것이다. 저장된 식품과 샐러드 작물은 달이나 행성표면에 영구한 생활지가 건설될 때까지 표면에 머무는 초기단계에 사용될 것이다. 수경재배 방법으로 재배될 작물은 감자, 고구마, 밀, 땅콩, 쌀, 그리고 강낭콩이 있다. 그리고 달/행성표면식품체계의 마지막 과제는 주방에서의 식품준비이다. 식단은 재공급 식품이 외에 가공한 작물로 만든 식품을 포함하여 만들어 질 것이다. 작물로부터 생산하여 식품을 공급하기 때문에 재공급 식품은 최소한 유지될 것이다. 주방에서 사용될 조리법은 최소한의 시간으로 승무원이 조리할 수 있고, 안전과 영양적이 만족스러운 식품체계를 제공할 수 있도록 개발해야 할 것이다. 식단은 승무원의 스트레스를 방지하기 위해 충분히 다양한 식품들이 제공되어야 할 것이다. 이 두 가지 식품체계는 본질적으로 다르

다. 수송식품체계는 무중력상태에서 공정해야 하고, 달/행성 표면식품체계는 좀 더 다루기 쉽고, 지구 같은 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 결정해야 한다. 장기 우주비행 임무에 잘 통합된 생명유지장치를 공급하기 위해서 식품체계와 다른 생명유지를 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 우주인간 요인과 거주 의 일부이다. 미래식품기술의 최종목표는 유인 우주선을 타고 달, 화성, 그리고 다른 행성에 임무수행할 기술을 개발해 제공할 예정이다.

우주식품 포장지



2008. 4.12 이소연의 우주만찬



6. 한국의 우주식품 개발 현황

한국의 우주식품 개발은 2008년 4월 한국 최초의 우주인이 러시아 소유즈 우주선을 타고 우주비행을 하여 국제우주정거장에서 8일 동안 생활하는 정부 주도의 우주인 배출사업의 일환으로 시작되었다. 2010년 현재까지 러시아연방우주청으로부터 공인받은 한국 우주식품은 김치, 고추장, 홍삼차, 불고기 등 총 14종이 있다. 또한 러시아는 2030년 유인화성탐사계획의 목적을 달성하기 위하여 520일 동안의 비행모의시험(Mars 500 Project)을 진행하고 있으며, 여기에 한국에서 새롭게 개발한 우주식품 14종을 제공하여 장기간 우주비행에 적합한 식품인지를 시험하고 있다. 이외에도 외국인들이 선호하는 한식 10여종을 새롭게 개발하고 있다. 한국에서 인증받은 우주식품 중에서 차류는 홍삼차와 녹차가 있는데 6년 근 고려인삼을 이용한 홍삼정차는 외국 우주인들에게 면역증강 등 건강음료로 알려져 인기가 매우 좋았다. 장기간의 우주생활은 우주인들의 면역력을 크게 저하시키기 때문에 각종 질병에 걸리기 쉬운 상태가 된다. 따라서 면역증강 작용이 잘 알려진 고려인삼을 소재로 하여 우주식품으로 개발하는 것은 매우 바람직하다고 생각된다. 그러나 이러한 면역증강작용에도 불구하고 미국, 러시아, 유럽 등의 우주인들에게는 강한 쓴맛으로 인하여 선호도가 그렇게 높지 않게 나타났다. 그래서 인삼이 생산되지 않는, 인삼을 많이 먹어보지 못한 국가의 우주인들에게는 쓴맛

을 감소시키고 약간의 단맛을 증가시킨 마시기 쉬운, 향기로운 차로 새롭게 개발해야 할 필요성이 있다.

7. 홍삼차 우주식품 개발

이 제품은 6년근 홍삼을 추출하여 분말화 한 차 제품으로서 홍삼의 부드러운 쓴맛과 유효성분이 그대로 함유된 제품으로 우주공간에서 냉온수를 부어서 바로 음용할 수 있는 제품이다. 고려인삼은 이미 외국인들에게도 잘 알려진 고급의 건강식품으로서 면역력이 급격히 저하되는 우주생활에서 면역력을 증강시키는 중요한 역할을 하는 식품으로 필수적 제품이 될 수 있을 것이며, 이외에도 고려인삼의 수 많은 건강기능성 효과는 우주인의 건강을 지켜주는 좋은 건강식품이 될 것으로 본다.

제품의 특징은 6년근 홍삼을 추출하여 분말화한 제품으로 냉온수에 쉽게 용해되어 음용하기에 좋으며 홍삼의 유효성분이 그대로 함유되어 건강에 매우 유익한 차음료이다.

제조공정은 홍삼 원료-혼합-물에 용해-고형분 함량 조절-분무건조-진공포장을 하는 공정과 쓴맛을 감소시키기 위하여 포도당 분말을 배합하여 과립화한 제품도 유럽 우주인들에게 시험하고 있다.

원료배합비는 홍삼농축액 분말 41.93%, 유당 57.63%, 대추농축액 분말 0.44%이며, 중량 : 15.5 g (홍삼차 3 g + 포장지 12.5 g), 열량 : 12Kcal, 영양성분 : 탄수화물 3g, 조사포닌 29mg, 유통기한은 12개월이다. 취식방법은 홍삼차 1개에 온수 100ml을 가한 후 5분동안 흔들여 용해하여 포장지에 있는 빨대를 펼쳐 올려 빨아서 음용한다.



references

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