

**국내외기술정보**

**마이크로파 가열에 의한 새로운 식품개발과 응용**

금 준 석  
쌀이용연구센터

**1. 서 론**

마이크로파를 이용한 가열 방법에 대한 연구는 70년 전부터 이루어져 왔으며 식품에 대한 가열은 그중에 하나의 연구 대상으로 발전되어 왔다. 마이크로파는 음식을 가열 또는 재가열(reheating)하는데 가장 널리 이용되었으나 사실상 전자렌지 제작업자들이 마이크로파 가열 방식을 식품산업에 도입하려는 노력만큼 성과는 크게 거두지 못하였다. 비록 몇 가지 성공한 예는 있지만 대부분 실패로 끝나곤 하였다. 따라서 본 소고에서는 식품산업에 있어서 마이크로파의 적용 범위를 고찰해 보고 실질적으로 마이크로파 가공에서 성공한 예와 실패한 예를 들어 그 이유를 분석해 보고자 한다.

마이크로파 가열은 일반 가열과 기본적으로 큰 차이가 있으며, 그 적용범위도 점차 넓어지고 있고 새로운 아이디어와 함께 신상품이 계속적으로 개발될 전망이다. 마이크로파의 특징을 일반가열과 비교하여 살펴보면 다음과 같다.

① 마이크로파는 식품 자체 안에서 직접적으로 열을 발생하며 열전달(heattransfer)은 변수로 작용되지 않는다. 그러므로 스폰지상(spongs) 등의 조직을 가진 식품들도 마이크로파를 이용할 수 있다.

- ② 마이크로파는 온도 증가가 짧은 시간안에 급격히 일어난다.
- ③ 마이크로파는 캔이나 알루미늄 호일안에 식품을 놓고 가열하기에는 부적당하다.
- ④ 마이크로파는 polyethylene, polypropylene, paper, glass 등을 통과할 수 있다.
- ⑤ 마이크로파 가열은 기존의 방법과 달리 열 매체의 온도와 상관없이 고온으로 올라갈 수 있다.
- ⑥ 고수분이나 저수분 모두 마이크로파를 이용할 수 있다.
- ⑦ 모양과 크기에 따라 마이크로파 이용시 가열 온도가 다를 수 있다.

즉 마이크로파는 식품자체 안에서 열을 발생하게 되며 열전달을 위한 매개체가 적용되지 않아 식품안에서 열전도에 의존하지 않기 때문에 식품 자체의 온도가 급속히 증가하게 된다. 마이크로파는 금속을 통과하지 않기 때문에 캔에 담은 음식을 가열하기에는 곤란하다. 반면에 마이크로파는 종이, 플라스틱, 유리 등을 통과하기 때문에 이러한 포장재에 담겨있는 식품을 가열 할 수 있다.

현재 마이크로파가 식품산업에서 주로 이용되는 범위와 특징을 요약하여 보면 다음과 같다(표 1, 2).

표 1. Major Unit Operations in microwave food processing

Unit operation	Major objective	Food product
Blanching	Inactivate spoilage enzymes	fruit, vegetable
Cooking	Modify flavor and texture	bacon, meat patty potato, poultry
Dehydration	Reduce moisture content	pasta, snack food, onion, juice rice cake, fruit
Pasteurization	Inactivate vegetative microbes	fresh pasta, bread, meals
Sterilization	Inactivate microbial spores	meals
Tempering	Raise temperature below freezing	frozen food

표 2. Typical Commercial Microwave Applications.

Application	Frequency(MHZ)	Power(KW)	Tube size(KW)	Conventional heat
Tempering				
Batch	915	30	30	None
Continuous	915	80	40	None
Pasta drying	915	30-50	30-50	Hot air
Precooking				
Bacon	915	50-300	50	Hot air
Poultry	2,450	50-80	2.5	Steam
Meat patty	2,450	30	2.5	None
Fruit juice	2,450	40	-	Infrared vacuum drying
Fish	2,450	-	-	-
Sterilization				

본 소고에서는 마이크로파의 이용을 1) 저장, 2) 변성, 3) 가열 등으로 나누어 논의하기로 한다.

## 2. 저 장

열을 이용한 저장 수단은 pasteurization, sterilization 그리고 blanching을 들 수 있다. 일반적으로 마이크로파 가열을 다른 방법에 비하여 짧은 시간에 가열되기 때문에 식품에 열 손상(heat damage)을 주지 않고 또한 과도한 가열(overcooking)을 막을 수 있기 때문에 통조림하는 것과 유사한 효과를 얻을 수 있다.

### 1) Pasteurizing

제빵(Bakery product)은 pasteurizing으로 좋은 예를 보여 준다. 1965년에 Olsen에 의하여 발표되었고 1967년에 산업화되면서 케이크(cake)의 저장성을 증진시킬 수 있도록 설계되었다. 케이크 제조 공정중 굽는 공정(baking)과 마지막 포장공정 중간 과정에서 공기중에 있는 곰팡이에 의해서 오염이 된다. 이러한 오염으로 인하여 곰팡이가 자라게 되며 단시간내에 케이크가 오염된다. 이러한 곰팡이 증식 억제에 한 수단으로 열을 이용하게 되는데 포장된 케이크에 열풍을 가하는 것은 스펀지와 같은 거품(foam) 구조를 통해 열이 전달되어야 하기 때문에 장시간이 요구된다. 그러나 마이크로파는 그러한 구조에서도 쉽게 열을 전달해 준다. 스펀지 케익에 대한 실험에서 마이크로파 가열은

균일하게 온도가 단시간내에 상승되고, 또한 살균 온도까지 과열되는 현상이 도달하게 되었다. 그러나 실제로 산업화하여 마이크로파 funnel을 설치하였을 때 문제점이 발생하였다. 스폰지 케이크 완성되어 나왔을 때 실온으로 도달하기까지는 장시간이 걸리므로 바로 마이크로파 funnel로 진입하면 케이크의 온도는 넓은 범위의 온도를 가지게 된다. 왜냐하면 빵의 내부온도는 계속적으로 상승하고 외부온도는 내려가기 때문이다. 결과적으로 모든 케이크를 완전하게 살균하기 위해서는 과열이 되고 만다. 특히 케이크안에 다른 소재(ice cake, filling pie 등)가 들어 있을 경우는 더욱 더 어려워진다. 그럼에도 불구하고 현재 마이크로파의 장점인 짧은 시간에 높은 온도로 상승하는 효과를 식품에 적용하여 pasteurizing하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

## 2) Sterilizing

식품산업에서 식품을 포장안에서 살균하는 방법은 오래 전부터 연구가 되어 왔다. 특히 통조림 공정에서는 장시간의 열처리로 인해서 질의 저하를 가져오고 이러한 장시간의 열처리는 열의 전달이 식품내에서 균일하게 이루어지지 않으므로 원하는 온도까지 도달하는데 시간이 오래 걸리고 많은 양의 가열을 필요로 한다. 마이크로파를 이용하게 되면 플라스틱 팩안에서 단시간의 가열이 가능하며 품질 또한 향상된다. 그렇지만 몇 가지 단점이 나타나게 된다. 즉 일반 가열방법에 비해 온도 차이는 적지만 가열이 골고루 이루어 지지 않을 경우이다. 즉 위치에 따라 가열 온도가 낮은 부분을 중심으로 가열하면 다른 부분은 너무 많은 가열을 하게 된다. 마이크로파 가열에서는 일반적으로 제한 온도가 설정되어 있지 않다. 다시 말하면 끓는 경우, 물이 100℃에서 끓은 후 열은 수증기로 달아나고 전도에 의한 가열은 식품 자체가 열매개체 보다 온도가 높을 수가 없다. 그러나 마이크로파 가열은 고온까지 증가할 수 있다. 살균에 있어서 마이크로파 이용시 실질적인 문제점은 플라스틱 용기의 형태를 유지하는 것이다. 왜냐하면 100℃ 이상에서도 견딜 수 있는 용기가 필요하며 특히 가열이나

냉각 상태에서 가장 큰 문제점이 나온다. 최초로 연구된 바로는 U.S.Army Natick Lab에서 가열이나 냉각 중에서 높은 온도와 압력에 견딜 수 있는 마이크로파 설비를 개발하였다(Kenyon, 1971; Ayoub, 1974).

현재까지 기술된 논문들을 다른 가열 방법에 비하여 마이크로파의 이용이 단시간적으로 절감될 수 있다는 예를 들어 보았다. 그러나 반드시 높은 온도와 짧은 시간만이 장점으로 될 수는 없다. 가령 어떤 식품이 파이프를 통해 마이크로파 영역을 통과할 때 부피가 작은 식품이 높은 마이크로파를 흡수했다면 가공 시간은 1초 이하로 감소하게 되는 장점은 있다. 예를 들어 우유 살균시 마이크로파를 이용하였을 때의 결과가 보고되었다. 즉 140℃ 이상의 온도와 2-3초의 시간을 이용하여 우유를 살균한 결과, 낮은 온도에서의 장시간 살균보다 맛이 조금 더 신선하였을 뿐, 향에 대해서 실험한 결과에서는 마이크로파 가열(빠른 시간과 높은 가열)에 의한 어떠한 장점도 없었다는 것이다. 냉각도 빠른 시간에 하면 또 다른 특별한 설비가 필요하게 된다. 또 하나의 문제점은 가열된 우유가 설비 표면에 닿을 때 점차적으로 벽에 이물질이 쌓이게 된다. 만약 마이크로파를 이용하였을 경우 이러한 이물질들은 고온으로 인하여 타게 된다. 그러므로 가열, 정지 냉각 등의 전과정중 우유가 벽에 닿지 않게 살균이 되도록 설비가 이루어져야 한다. 즉 온도가 200℃까지 상승하며 끓게 되므로 비행기, 잠수함 등에서 보는 바와 같이 높은 내부 기압을 만들어 주어야 한다. 이러한 조건하에서 보통 5kW 출력에 시간당 25kg을 수행한다면 가열 시간은 약 40m.sec이 된다. 그리고 정지 시간은 200℃에서 약 130m.sec가 되며 또한 냉각은 연속적으로 미리 살균된 냉각우유와 순식간 혼합되면서 탱크에 저장되기 전에 이루어진다. 즉 냉각된 우유만 설비 표면에 닿게 된다. 이렇게 살균된 우유는 계속적으로 혼합되는 공정에서 사이클링을 하다가 마지막으로 투입된 양과 비례하여 출고하게 된다. 이러한 시설이 비록 성공되어 산업적으로 이용되고 있지만 공정이 매우 복잡하고 개발하는데 드는 비용이 크다고 하겠다. 앞으로는 설비 비용의 절감과 마이크

로파 가열 시 향기 성분에 관한 많은 연구가 진행되어야 하겠다.

### 3) Blanching

야채류의 데치기 분야는 마이크로파를 이용하여 상당히 많은 연구가 이루어져 있고 현재 산업화 되어 활발히 진행되고 있는 부분이다. 특히 감자의 경우 blanching 하는 시간이 15분정도에서 4-5분으로 감소하여 많은 시간과 경비를 절감하였다. 물이나 스팀을 이용하는 일반적인 방법의 문제점은 데치기를 할 때 영양소나 향기성분이 물과 접촉을 하는 시간이 길어질수록 손실이 커지게 되는 점이다. 마이크로파의 장점은 가열 시간과 건조시간을 감소시킴으로써 영양소나 향기성분의 파괴를 감소시킨다. 그러나 현재까지 가장 큰 문제점은 마이크로파를 이용하였을 때 소재에 따라 질적인 면에서 기존의 방법과 어느 정도 차이가 나며 야채류의 데치기는 산업 현장에서 그리 유리한 손익 분기점을 이룰 수 없다는 것이다. 즉 마이크로파의 설비가 비싸므로 일년내내 가동하지 않고 한 계절에만 작업하기 위해서 작동한다면 손해가 될 것이다. 즉 동결 저장시 수확된 야채류를 부패시키는 효소의 불활성화 공정만으로 사용한다면 큰 장점이 없을 것이다. 현재 진행중인 연구는 vitamin C, thiamin 등의 영양소 파괴의 감소와 vacuum packaging을 이용한 blanching의 효과에 대한 연구가 진행되고 있다.

## 3. 변성(Change of state)

### 1) Defrosting

보통 식품들은 수송이나 저장중에 품질이 변하지 않도록 급냉을 시켜 보관하는 경우가 많다. 특히 육류나 어류의 식품군들은 가장 좋은 예인데 산업 현장에서는 이러한 냉동식품을 가공하기 위하여 해동공정을 거쳐야 한다. 여러 가지 방법이 사용되고 있지만 가장 보편적인 방법은 해동실에서 2-5

일을 해동하여 어느 정도 일정한 온도(-3℃)까지 떨어지게 방치하여 두는 방법이다. 이러한 공정을 가속화하기 위하여 열풍이나 온수를 사용하기도 하지만 이러한 방법은 해동 속도는 비록 빨라지겠지만 제품의 질은 상당히 저하 될 것이다. 또한 오랜 시간 동안 열풍에 노출되거나 온도 상승으로 인하여 표면의 온도가 올라가게 되면 미생물학적인 문제점이 식품에 나타난다. 그러므로 냉동식품의 깊숙한 곳까지 단 시간에 열이 발생할 수 있는 마이크로파의 이용이 각광을 받기 시작하였다. 이론적으로 열전달이 느린 문제점도 극복되고 공정 시간도 24시간 이상 걸리는 것을 단 몇 분으로 줄일 수 있는 마이크로파의 장점을 이용한 것이다. 일반적인 방법의 가장 큰 문제점은 표면에 녹아 있는 물이 얼음보다 열의 흡수가 쉽고(dielectric properties의 차이) 빨리 되기 때문에 내부에는 대부분이 여전히 냉동 상태(thermal runaway 현상)로 존재하게 된다. 즉 표면에서 먼저 해동이 되고 열의 흡수가 일어남으로써 중심 부위까지의 열전달을 막게 된다. 그러나 마이크로파를 이용하게 되면 고기나 어류 등은 수 분안에 약 -3℃까지 해동(tempering)이 가능하고 표면의 수분현상을 방지하므로 내부가 냉동상태로 남아있는 현상을 방지하여 성공적인 해동을 할 수 있다. 이 방법은 Meisel들(1972)이 냉동 어류나 새우 등에 적용하여 성공하였다. 그러나 한가지 문제점은 육류에 소금이나 구멍(voids) 등이 있을 때에는 균일한 가열이 이루어지지 않는다. 또한 해동과정이 0℃이하에서 마이크로파를 이용하면 표면에서 가장 많은 양의 마이크로파를 흡수하게 되므로 runaway heating 현상이 일어난다. 그러므로 현재의 개선 방법으로는 냉풍(refrigerated air)을 마이크로파 터널에 공급하여 thermal runaway 현상을 급격히 줄이고 있다. 이러한 설비는 ABR, Raytheon, L.M.I. 같은 곳에서 현재 산업화하여 공급하고 있으며 시간당 0.5-6톤을 10-30 분안에 마이크로 터널로 통과, 처리시킬 수 있다. 또한 이러한 장점 이외에도 드립 현상에 의한 손실(drip loss)을 현저히 감소시켜(5-10%) 약 10%의 경비 절감을 꾀할 수 있고 juice 한 면이 식품안에 그대로 살아있다는 것이다.

## 2) Dehydration

건조 공정에는 건조 속도가 매우 중요하게 작용한다. 건조 속도는 부여된 건조 조건에 비례하는데 건조속도를 증진시키기 위하여 많은 열량과 급격한 온도 증가를 요구하게 된다. 또한 열전달이 내부까지 얼마만큼 또한 어떤 속도로 전달되는지가 문제가 되며 이는 전도율과 많은 관계가 있다. 그러므로 기존의 건조 공정에서 제품 표면의 온도가 증가하게 되면 열에 의한 손상(heat damage)을 자연히 피할 수 없게 된다. 즉 열 전도율이 낮은 야채류 특히 기공이 많은 식품들은 건조공정이 매우 긴 시간을 요구하고 질적인 면에서 많은 문제점이 제기되었다. 그러므로 마이크로파를 이용하여 야채류나 기공이 많은 형태를 가진 제품을 쉽게 건조할 수 있는 연구가 진행되었다. 또한 열전달(heat transfer) 현상은 냉동 건조(freezing drying)에 적합하지 않으나 마이크로파를 이용하면 진공상태에서도 가능함으로써 마이크로파 냉동 건조(microwave freeze drying) 설비가 개발되었다. 그리고 진공 건조(vacuum drying)에도 적용되어 조직감을 그대로 살린 제품들이 개발되고 있다. 즉 기존의 방법은 가열된 벨트나 트레이(tray)에 실려 오랜 시간 동안 건조하는 방법이었으나 마이크로파를 이용함으로써 짧은 시간내에 간편하게 건조할 수 있는 것이다. 마이크로파를 이용한 건조 방법으로 가장 성공한 제품은 감자칩의 경우이다. 기존의 방법은 감자칩을 유탕 처리할 경우 지나친 변색이 나타나고 또한 당 함량에 따라 원재료의 사용이 불가능할 때가 많았다. 감자는 계절에 따라 또는 수확 년도에 따라 각기 다른 성분을 가진 감자가 수확되기 때문에 수확후 많은 양의 감자가 감자칩의 원료로서 적당하지 않은 경우가 많다. 그러나 마이크로파를 이용한 마무리 건조 공정의 개발로 일정한 색을 가진 감자칩을 생산할 수 있어 QC공정이 가능 하였고 어떤 종류의 감자도 감자칩으로서 가공이 가능해졌다. 또한 지방함량을 5%정도 감소 시킴으로 저 지방 식품으로서의 가능성도 보였다. 이러한 장점을 가졌음에도 불구하고 문제점으로 지적되고 있는 것은 최종 수분함량과 조직감이 떨어

지고, 육종의 발달로 당함량이 적은 감자만이 생산되기 때문에 그대로 기존의 가공 방법을 개선하여 생산하므로 현재는 마이크로파를 이용하여 감자칩이 전무한 실정이다. 이와 반대로 파스타(pasta) 건조공정은 매우 성공적이다. 이 공정은 열풍 설비와 병행하여 만든 공정이다. 기존의 공정은 40℃에서 습도를 조절하여 약 10시간 정도 건조하는 방법이었다. 이러한 공정은 미생물이 자랄 수 있는 최적의 조건이다. 또한 기존의 건조 방법은 긴 시간 뿐만 아니라 장소 또한 많은 면적을 차지하였다. 반면 마이크로파 이용은 초기에 공기로 25% 정도의 수분 함량으로 낮추고 마지막으로 100℃의 열풍과 마이크로파를 이용하여 1시간 안에 15% 이하로 수분함량을 낮출 수 있으며 pasta 표면에서 일어나는 딱딱한 현상(case-hardening)을 방지할 수 있다. 그리고 마이크로파 이용은 기존의 방법에 비하여 2/3정도의 에너지를 절약할 수 있다. 그 밖에 적용되는 식품은 condiments, tomato paste, wild rice, snack food, bacon pieces 등이 있으며 현재 가동중인 pasta 건조공장은 약 26개 정도인 것으로 보고되었다.

## 4. 가열(cooking)

마이크로파 설비는 일반적인 가열 방법에 비하여 그 설비 비용이 비싸지만 일단 설치 후에는 인건비, 가공시간의 감소로 경비가 감소되고 작업장의 환경도 개선이 되며 식품에 적용 범위가 넓으므로 많은 제품들이 현재 연구가 진행되고 있고 개발되어 시판중에 있다. May(1969)와 Smith(1972)가 마이크로파와 스팀을 이용하여 닭가공에 사용하였는데 이때의 생산량은 시간당 1.5톤을 생산할 수 있는 설비였다. 장점으로는 닭뼈의 갈변화(darkening)을 방지하고 씹이 많은 촉촉한 맛을 내는 제품을 생산할 수 있는 것이다. 여기에서 생산비의 절감은 가공 시간을 줄이고 생산량(yield)을 증가함으로써 낮출 수 있었다. 베이컨 공정에서는 열풍을 병행하여 수분을 감소시키고 닭가공에서는 스팀과 병행하여 Salmonella의 문제점을 해결하였다. 이러한 장점 이외에 생산량 증가, 짧은 가공시간,

제품의 질 향상 등의 장점들이 보고되었다. 베이컨의 경우 과가열의 방지로 25-38%의 생산량 증가 및 닭가공에서는 수분증발의 방지로 약 10%의 생산량 증가가 있었다.

스웨덴에서는 새로이 가공에 적합한 마이크로파 터널을 개발하였는데 고기패티(meat patties)를 냉동하기 전에 미리 마이크로파로 가공하는 설비였다. 이 방법 역시 생산량을 늘리고 지방 사용을 줄임으로 써 생산비 절감을 꾀하였던 것이다. 또한 ABR 사에서는 고기 성형할 때 마이크로파를 이용하여 가열하면서 플라스틱 튜브를 통과한 후 원하는 길이로 절단하는 설비를 개발하였다. 이 방법은 매우 작은 공간 차지, 청결 유지, 작업 속도 향상 등의 장점으로 각광을 받기 시작하였다. 소세지 가공에도 마이크로파가 이용되어 케이징(casing)하는 공정을 생략할 수 있으므로 많은 생산비 절감을 가져왔다. 또다른 육류 공업에서 마이크로파를 이용하여 성공한 분야는 베이컨 가공이다. 이때 이용되는 마이크로파는 910과 2450MHz를 함께 사용하는 근적외(infra-red) 영역으로 스팀 처리가 병행되는 최적의 로스팅(roasting) 조건이다. 스팀 처리는 salmonella의 미생물을 제거하기 위함이다. 베이컨 산업에서는 마이크로파 가열 방법으로 성공적인 제품 개발이 이루어졌는데 베이컨 공정에 사용되어진 방법을 DGA Food industry에서 재개발하여 도우넛 제조시 재우기 공정(proofing system)에 적용하였다. 이 방법은 사람의 손으로 하는 재우기 작업을 빠르고 간편하게, 위생적인 방법으로 변화시켰다. 또한 DGA사에서는 마이크로파를 이용한 도우넛 튀김기를 개발하였다. 이 기계를 이용하면 기존의 튀김기보다 도우넛 제품의 질과 부피가 향상되어 좋은 제품을 생산할 수 있다. 1973년(chamberlain)에는 열풍을 함께 이용하는 마이크로파 설비가 개발되어 기존의 방법에서는 사용하지 못했던 부드러운 밀가루도 사용이 가능하게 되었으나 열풍으로 인한 적당한 용기의 선택이 필요하였다. 최근에는 표면을 갈변화(browning)시키거나 또는 바삭거리는 식감(crispness)을 부여하고자 할 때에는 기존의 가열 방법과 병행하여 사용한다. 특히 라이신(lysine)과 같은 단백질의 함유

량을 보존하는데 효과적이라고 한다.

그 밖의 적용 사례를 들어보면 다음과 같다.

- \* Pasteurization of hams(Bengtsson, Grssn & Del Vaie, 1970)
- \* Quick cooking rice(Huxoll & Morgan, 1968a)
- \* Dehydration of potatoes and apples(Huxoll & Morgan, 1968b)
- \* Cooking meringues(Baldwin, Upchurch & Miller, 1968)
- \* Inactivation of alpha-amylase in flour(Aref, Noel & Miller, 1972)
- \* Controlling insects in stored grain(Nelson, 1972)
- \* Heating soya beans to improve the nutritional properties(Wing & Alexander, 1975)
- \* In Japan, preparation of snack products, roasting Laver(a seaweed food) and roasting nuts(Suzuki & Oshime, 1973)

## 5. Microwave의 인체 안정성

마이크로파에 의한 DNA 및 단백질 변화 반응 등의 증거로 그 원인이 단지 열발생이 아닌 다른 현상(athermal effect)에 의한 것이라는 주장의 연구 보고가 있으나 현재까지의 정설로는 마이크로파의 상호반응은 발생하는 열효과에 의한 것으로 되어 있다. 인체에 조사된 마이크로파에 의한 열효과로 고수분 함량과 염류를 함유한 세포에는 해로운 영향을 받는데 특히 피순환이 적어 방열이 안되는 신체 부위에는 (예 : 눈, 귀, 고환) 열에 의한 손상이 큰 것으로 알려져 있다. 그 증상으로 안구 내 렌즈 단백질의 변성 및 백내장 형성, 귀에 울림 현상, 정자의 살균 증상이 보고되었다.

마이크로파를 이용한 전기치료법(diathermy)에서는 조사량을  $1,000\text{mW}/\text{cm}^2$ 으로 제한하고 있다. 동물의 경우 몸 전체부위를 마이크로파  $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 로 노출시켰을 때 상당한 온도 상승이 있는 것으로 보고되었다. American National Standards Institute(ANSI)에서는 시간 제한 없이 인체에 해

가 없는 기준치를 10mW/cm<sup>2</sup> 이하로 정하였다. Radiation Control for Health and Safety Act(미국의 Public Law 90-602)에 의하면 마이크로파 오븐의 경우 최대 누출량을 오븐 밖 5cm의 거리에서 5mW/cm<sup>2</sup>로 제한하고 있다. 가정용이나 산업용 마이크로파 오븐의 마이크로파의 누출을 막기 위하여 이중으로 장치되어 완전 밀폐되도록 설계되어야 한다.

References

Aref, M.M., Noel, J.G. & Miller, J. (1972) *J. Microwave Power*, 7, (3), 215.

Anon. (1969) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 2, (6), 12.

Anon. (1970) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 3, (1), 6.

Anon. (1973) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 6, (4), 3.

Anon. (1974) *Fd Proc. U.S.* 35 (9), 25.

Andr. I. (1974) *Trans. IMPI*, 2, 92.

Aoub, J. A., Berkowtztz, D., Kenyon, E.M. & Wadsworth, C.K. (1974) *J. Fd Sci.* 39, 309.

Raldwtn, R.E., Upchurch, R. & Cotterill, O.J. (1968) *Fd Technol., Champaign*, 22, 1573.

Rddrosan, K. (1973) *J. Microwave Power*, 8, 173.

Rdngtsson, N.E., Green, W. & Del Valle, F.R. (1970) *J. Fd Sci.* 35, 681.

Rdngtsson, N.W. & Jakobsson, B. (1974) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 7 (6), 3.

Rdngtsson, N.E. & Ohlsson, T. (1974) *Proc. IEEE*, 62, 44.

Chanberlain, N. (1973) *Fd Trade Rev.* 43 (9), 8.

Decareau, R.V. (1975) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 8 (2), 3.

Dietrich, W.C., Huxoll, C.C. & Guadagni, D.G. (1970) *Fd Technol., Champaign*, 24, 293, 613.

Evans, K.A. & Tavior, H.B. (1967) *Fd Mf.* 42 (10), 50.

Grimm, A.C. (1969) *RCA Rev.* 30, 593.

Hmet, R. (1974) *Fruits*, 29, 399.

Huxoll, C.C. & Morgan, A.I. (1968a) *Cereal Science Today*, 13 (5), 203.

Huxoll, c.C. & Morgan, A.I. (1968b) *Fd Technol., Champaign*, 22, 705.

Kenyon, E.M., Westcott, D.E., La Casse, P. & Gould, J.W. (1971) *J. Fd Sci.* 36, 289.

Latronica, A.J. & Ziemba, J. V. (1972) *Fd Engng*, 44 (4), 62.

Maurer, R.L., Tremblay, M.R. & Chadwick, E. A. (1971) *Fd Technol., Champaign*, 25, 1244.

Ma. Y.H. & Peltre, P.R. (1975) *A. I. Ch. E. J.* 21, 335, 344.

May, K.N. (1969) *J. Microwave Power*, 4, 54.

Meisel, N. (1972) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 5 (3), 3.

Nelson, S. O.(1972) *J. Microwave Power*, 7, 231.

Niisson. K. (1975) *Quick Frozen Food Int.* 16 (4), 62.

Olsen. C.M. (1965) *Fd Engng*, 37 (7), 51.

OIMeara, J. (1973) *J. Microwave Power*, 8, 167.

Porter, V.L., Nelson, A.I., Steinberg, M.P. & Wei, L.S. (1973) *J. Fd Sci.* 38, 583.

Schiffmann, R. F., Roth, H., Stein, E.W., Kaufman, H.B., Jr. Hochhauser, A. & Clark, F. (1971) *Fd Technol., Champaign*, 25, 718.

Smith, d.P. (1972) *Microwave Energy Applications Newsletter*, 5 (4), 3.

Suzuki, T & Oshima, K. (1973) *J. Microwave Power*, 8, 149.

Unilever (1970) G.B. Patent 1187766.

Wing, R.W. & Alexander, J.C. (1975) *Can. Inst. Fd Sci. Tech. J.* 8, 16.