

식품가공에서의 Microwave의 활용

김 석 신 교수
(가톨릭대학교)

식품가공에서의 Microwave의 활용

김석신
가톨릭대학교 식품영양학과

I. 머릿말

Microwave를 이용한 식품가공은 엄밀한 의미에서는 '비열처리'라 할 수 없다. 왜냐하면 microwave 조사시 식품내부에 흡수된 microwave 에너지가 열에너지로 바뀌므로써 식품이 가열되기 때문이다. 다만 '전통식 가열방법'이 전도, 대류, 복사에 의해 열이 외부로부터 내부로 전달되는 외부가열방식(external heating)인 것과 달리 microwave 가열은 내부에서 직접 열이 발생하는 내부가열방식(internal heating)인 '비전통식 가열방법'이기에 오히려 주목받고 있다. 즉 microwave가열은 전통식 가열에 비해 신속하고, 내외부의 불균일 가열 특히 외부가열이 없기 때문에 가공시간이 짧고 품질변화가 적은 잇점이 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 잇점 때문에 microwave는 식품의 건조, 살균, roasting, 해동, cooking, 또는 baking 등에 활용되고 있다.

Microwave는 주파수 300 MHz~300 GHz(파장 1 m~1 mm) 범위의 전자기파를 가르키는데 실제 산업적으로는 915 MHz와 2,450 MHz의 두 주파수대가 사용되며, 일반 전자레인지(microwave oven)에는 2,450 MHz가 흔히 사용된다⁽¹⁻³⁾. 이러한 microwave는 magnetron이나 klystron에 의해 생성되며 산업적으로 널리 활용되고 있는 magnetron은 몇백 watt에서 50 kw의 출력 범위를 보이고 있다⁽³⁾.

금속은 microwave를 반사하나, 유리, 플라스틱, 세라믹, 또는 종이는 microwave를 투과시키고, 식품이나 물은 microwave를 흡수한다⁽³⁾. 흡수된 에너지는 식품 중의 물이나 다른 쌍극자 물질들의 극성 회전운동(polar rotation or dipolar rotation)이나 Na^+ 나 Cl^- 등의 이온성 성분들의 이온성 전도현상(ionic conduction)에 의해 열에너지로 바뀌게 되며⁽³⁻⁵⁾ 유지류 등 비극성 물질도 전기장하에서는 극성이 유도되기 때문에(induced dipole moment)⁽⁴⁻⁵⁾ microwave를 조사하면 가열된다.

Microwave에 의한 가열현상은 물질의 유전특성과 밀접한 관계가 있으며, 식품의 유전특성은 식품의 조성(수분, 염분 등), 온도, 주파수 등에 따라 변하는 복잡한 성질이다⁽⁶⁻⁸⁾. 유전특성 가운데 유전상수(dielectric constant, ϵ')는 전기에너지를 저장할 수 있는 능력의 척도가 되며, 손실계수(loss factor, ϵ'')는 전기에너지를 열에너지의 형태로 소모할 수 있는 능력과 관계가 있고, loss tangent($\tan \delta$)는 손실계수/유전상수의 비(ϵ''/ϵ')를 의미한다. 일반적으로 microwave 조사시 열에너지 발생량은 손실계수와 주파수와 전기장의 세기에 비례한다(식(1) 참조). 또한 물질의 표면에 도달한 microwave에너지의 $1/e$ (약 37%)이 남을 때까지, 다시 말해서 조사 에너지의 63%가 열의 형태로 소모될 때까지 표면으로부터의 침투깊이(penetration depth)는 유전상수나 loss tangent 등과 직접적인 관계가 있다

(식(2) 참조). 그러나 흡수된 열에너지에 의한 물질의 온도 상승은 물질의 밀도와 비열에 반비례하는 일반적 열전달법칙에 따른다(식(3) 참조)⁽⁸⁾.

$$P_v = 2\pi f \epsilon_0 E^2 \epsilon'' \quad (1)$$

$$Z = \frac{\lambda_0}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{\epsilon'[(1 + \tan^2 \delta)^{0.5} - 1]}} \quad (2)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P_v}{\rho C_p} \quad (3)$$

여기서 P_v =단위 부피당 에너지 발생량, f =주파수(Hz), ϵ_0 =공기(진공)의 유전상수(8.854 fard/m), E =전기장의 세기(V/m), Z =침투깊이(m), λ_0 =공기(진공)중에서의 파장(m), T =온도(°C), t =시간(s), ρ =물질의 밀도(kg/m³), C_p =물질의 비열(kJ/kg°C)이다.

이러한 microwave를 식품가공에 활용할 경우 예상되는 잇점을 정리해 보면 다음과 같다⁽³⁾. 첫째, 가열매체로서 열수나 스팀이 필요없기 때문에 식품을 충전하고 있는 포장용기를 다시 건조할 필요없이 마른 상태 그대로 연속작업이 가능하다. 둘째, 내부가열 방식이므로 열전도도가 극히 낮은 식품일지라도 신속하게 가열이 되며 건조의 경우 내부의 수증기 확산이 빨라 건조시간이 단축된다. 셋째, 전통적인 가열이 가열용기나 주변 공기를 먼저 가열해야 하는데 반해 직접 식품을 가열할 수 있으므로 에너지 절감 효과가 크다. 넷째, 가공처리속도의 증가에 따라 동일한 생산시설로도 생산능력을 증대시킬 수 있어 그만큼 생산시설의 공간 절약 효과가 커진다. 다섯째, 열 작업이 아니기 때문에 순간적으로 작업을 시작하거나 종료할 수 있어 불필요한 작업대기시간이 대폭 줄어든다. 여섯째, 센서와 feed-back control을 이용하여 공정 조절(process control)을 정밀하게 할 수 있다.

이러한 잇점을 바탕으로 현재까지 식품가공에 microwave를 활용하는 경우를 식품의 건조, 살균, roasting, 해동 또는 tempering, cooking 또는 baking 등으로 구분하여 살펴 보고자 한다.

II. Microwave의 활용

1. 식품의 건조

식품의 건조시 microwave를 이용하면 건조시간이 대폭적으로 짧아지고(50% 이상) 품질손상을 최소화할 수 있는 잇점이 있다⁽⁷⁻¹¹⁾. 이때 microwave만으로는 물질전달(mass transfer)이 어렵기 때문에 전통적 건조방법을 병용하게 됨에 따라 microwave 건조를 microwave 열풍건조, microwave 동결건조, microwave 진공건조로 구분한다.

보통의 열풍건조로는 8시간 정도 걸리는 pasta나 마카로니를 microwave 열풍 건조로는 1시간내에 건조할 수 있다. 또한 이렇게 건조된 마카로니는 색, 조직감

이 우수하고 세균수도 적은 것으로 나타났다⁽⁸⁾. 또한 양파나 해조류, potato chip의 finish drying이나 바나나의 건조에 microwave 열풍건조가 활용된 바 있다⁽⁷⁾. 이 microwave 열풍건조는 세가지 방법 중 가장 저렴한 경제적 방법이지만, 건조제품의 품질은 세가지 방법중 가장 낮은 수준이다⁽⁷⁾.

동결건조가 진행되어 열전도도가 큰 얼음층(ice front)이 점점 승화되어 제거됨에 따라 열은 열전도도가 낮은 건조된 식품층을 통과해야 한다. 이에 따라 건조 후반부에 갈수록 건조시간이 길어지는 것이 동결건조의 큰 단점이다. 이런 경우 microwave 동결건조⁽⁸⁻¹²⁾를 하면 microwave가 동결부위를 직접 내부가열하기 때문에 이 문제점을 해결할 수 있어 동결건조시간을 크게 단축할 수 있다. 그러나 microwave 동결건조는 여전히 비싼 방법이며 동결건조시 불가피한 고도의 진공 때문에 방전이 일어나 식품이 그슬리는(burning) 현상을 피할 수 없어 실용화가 어렵다.

이에 비해 microwave 진공건조는 품질과 가격면에서 대단히 유리한 면이 있다. 과실쥬스의 microwave 진공건조시 생산된 쥬스분말은 vitamin C 함량이나 휘발성 향기성분 잔존량 측면에서 동결건조나 분무건조 분말보다 품질이 우수한 것으로 보고 되었다⁽⁸⁾. 더우기 이 건조공정의 경제성은 분무건조와 동결건조의 사이에 위치하는 것으로 알려져 있는 데⁽¹³⁾ 특히 동결건조 보다는 3-4배 저렴한 것으로 보고되었다⁽⁸⁾. Microwave 진공건조는 오렌지쥬스 분말의 제조⁽⁸⁾, 버섯이나 아스파라거스의 건조, parboiled rice의 건조⁽¹¹⁾, 의약품의 과립화⁽¹³⁾, 요구르트의 건조⁽¹⁵⁾에 활용된 것으로 보고되었다.

2. 식품의 살균

식품의 살균이나 멸균시 흔히 열수나 스팀의 열이 식품의 외부에서 내부로 전달되며 이때 식품은 일반적으로 열전도도가 낮기 때문에 그 외부가 과도하게 가열되므로써 영양성분의 파괴, 가열취의 발생, 색상의 변화, 조직감의 저하 등 품질의 변화가 일어나기 쉽다. 이에 비하여 microwave로 가열할 경우 식품의 외부 온도를 상승시키지 않고 신속하게 가열할 수 있어 전통적인 살균방법에 비해 향, 조직감, 영양성분 등 품질의 보존효과가 크며 최근 관심이 높은 환경측면에서도 바람직한 잇점이 있다^(6,10-11,16-18).

저온살균(pasteurization)은 병원균 및 식품변질을 일으키는 미생물을 사멸시키기 위해 100℃이하의 온도에서 식품을 가열처리하는 것을 말하며 우유의 경우 63℃에서 30분간 처리하는 전통적인 회분식 저온살균(batch sterilization)에서 시작되었으나 생산량의 증가에 따른 자동화 필요성 때문에 연속식 저온살균(continuous pasteurization)으로 바뀌었으며 현재는 72℃에서 15초간 처리하는 고온단시간살균(high temperature short time; HTST)이 선진각국에서 널리 활용되고 있고 우리나라의 경우는 유통 조건을 감안하여 130℃에서 1~2초간 처리하는 초고온순간살균(ultra high temperature; UHT) 위주로 살균한다⁽¹⁹⁾. 회분식 저온살균시 스팀자켓이나 사관이 부착된 탱크형 열교환기를 이용하다가 이중관

식 또는 판상식열교환기를 사용하여 온도를 올린 후 탱크로 이송하여 일정온도를 유지하는 방법을 쓰는데 양자 모두 fouling과 과열로 인한 품질손상의 위험이 크다. 또한 판상식 열교환기를 주로 사용하는 HTST살균의 경우 역시 정도는 덜하지만 fouling과 과열로 인한 품질손상의 위험이 있으며 가열로 인해 비타민 등이 파괴되고 가열취가 나는 등 품질변화가 수반되곤 한다⁽¹⁹⁾. 현재 우유살균에 가장 많이 쓰이는 판상식 열교환기의 경우 난류이동(turbulent flow)으로 열전달을 가속시키는 만큼 두손실(pressure drop)이 커져 fouling의 위험성이 높아지며 특히 우유의 경우 열에 민감하기 때문에 이중관형보다 오히려 관석(scaling)이 끼기 쉬운 관계로 오히려 열전달이 저해될 수도 있다⁽²⁰⁾.

Microwave를 이용한 우유의 살균에 대한 연구로는 우유의 연속식살균에 대한 연구⁽⁸⁾와 우유를 용기에 충전한 후 살균⁽¹⁶⁾하는 두 가지 경우로 나누어 볼 수 있다. 상업적인 우유의 살균은 통상 연속식 살균에 속하며 이에 대한 연구로는 우유가 유리관 내부를 중력에 의해 흐르도록 하여 이를 microwave로 82℃에서 살균한 경우와 가압시스템을 활용하여 200℃에서 0.1초간 초고온 살균(UHT)한 경우가 있고 그밖에 유산균액을 pulsed microwave를 이용하여 회분식으로 살균한 연구⁽²¹⁾도 있다. 우유 외에 각종 조리가공식(prepared meal), pasta, 빵 등의 살균 또는 멸균이 microwave를 이용하여 연속식 또는 회분식으로 행해지고 있다.

3. 식품의 Roasting

식품의 roasting은 육류의 cooking⁽¹²⁾, 효소의 불활성화(예를 들어 대두의 trypsin inhibitor)⁽²³⁾, 향미의 형성(커피, 차, 코코아)⁽²⁴⁻²⁶⁾ 또는 살균효과(코코아)⁽²⁴⁾ 등의 목적으로 행해지는 공정으로서 건조한 식품을 대상으로하는 dry roasting과 수분을 많이 함유한 식품에 대한 wet roasting으로 나눌 수 있는데 dry roasting이 커피, 차, 코코아 등의 향미발현과 깊은 관계가 있다. 식품을 dry roasting할 때 100℃ 이상의 고온에서 볶아 줌으로써 Maillard reaction에 의해 여러 가지 바림직한 향미가 생성되고 살균도 아울러 이루어진다. 다만 건열살균에 해당되기 때문에 온도가 높다고 해서 완벽한 멸균이 이루어지지 않는다.

식품산업체에서 식품을 roasting할 때 일반적으로 천연개스로 직화식 가열을 하던가 가열공기를 이용하게 되는데 어느 것이든 온도 분포를 균일하게 유지하기 어렵기 때문에 과도하게 가열되거나(over roasting), 가열이 부족한(under roasting) 현상이 나타나기 쉽다⁽²⁴⁾. Cocoa bean을 roasting할 때 온도편차가 5℃만 되어도 향의 손실이 크고 균일한 품질을 얻을 수 없다. 특히 roasting 초기에 목표로 하는 품온에 신속히 도달시키기 어렵고 안팎의 온도 차도 크기 때문에 식품 내외부의 향 발현에 적지않은 차이를 보이게 된다. 또한 목표로 하는 품온에 도달한 후에도 원하는 시간 동안 그 온도를 유지하기가 쉽지 않아 품질의 유지를 operator의 숙련도에 의지하게 된다.

이에 비해 마이크로파로 roasting할 경우 내부가열(internal heating)로 식품내부를 신속하게 가열하기 때문에 짧은 시간안에 원하는 온도에 도달하게 되고 식

품 내외부의 온도차이도 적어지며 정해진 시간 동안 일정 온도를 유지할 수도 있다. 또한 마이크로파는 원적외선보다 침투깊이(penetration depth)가 깊어 유리하고, ohmic heating과 달리 수분함량이 부족한 건조식품에도 적용할 수 있으며, 다른 roasting방법과 병용이 가능한 잇점도 있다.

이러한 마이크로파를 이용한 roasting 연구로는 beef roasting⁽²²⁾, 대두 roasting⁽²³⁾, 녹차 잎 roasting⁽³⁾, hazlenut과 곰팡이 오염 땅콩⁽⁴⁾ 등이 보고된 바 있다.

4. 식품의 해동 또는 Tempering

일반적으로 식품의 해동이나 tempering시 공기, 물, 수증기 등을 사용하는데 이때 수반되는 불리한 점으로는 대형 저온실/처리실 등 작업공간이 필요하고, 세균 번식이 가능하며, 변색이나 표면산화도 일어날 수 있고, drip 발생에 따른 육즙의 손실이 크며, (물 해동의 경우) 물 소비량이 많고, 해동시간이 며칠 걸리는 점들을 수 있다^(10-11, 27).

이에 반해 microwave로 해동하거나 tempering할 경우 대형 저온실/처리실이 불필요하고(1/10 공간 소요), 해동시간이 몇분에 불과하며, drip 손실을 5-10% 감소시킬 수 있고, 세균오염을 줄일 수 있는데다가 포장에 넣은 채로 해동할 수 있는 장점이 있다. 다만 표면이 녹을 경우 이 부위가 microwave 에너지를 선별적으로 흡수하기 때문에 소위 'run-away heating'이 일어나 과열될 수 있으므로 주의해야 한다. 해동조작의 경우 tempering은 냉동식품의 온도를 빙점 바로 밑의 -4~-2℃까지 올리는 부분해동으로서 tempering공정을 거친 식품은 동결된 상태는 아니나 단단한 상태를 유지하고 있어 다음 공정에 쉽게 투입할 수 있으며 'run-away heating'같은 과열을 피할 수 있다.

Microwave를 이용한 해동이나 tempering시 일반적으로 주파수 915 MHz의 microwave를 사용함으로써 침투깊이를 20 cm 정도로 증대시켜 중심부위가 녹지 않는 불균일 해동을 방지하고 있다. 해동시 2450 MHz의 microwave를 사용할 경우 침투깊이가 10 cm로 짧은 점과 과열을 방지하기 위한 별도의 공기냉각장치가 필요한 점이 단점이다^(11,27).

5. 식품의 Cooking 또는 Baking

Microwave를 이용한 cooking은 meat patty나 가금육 가공 그리고 precooked bacon 제조에 활용하고 있다. Meat patty는 시간당 1 ton 규모로 2450 MHz의 microwave로 cooking하여 제조되고 있다. Bacon 제조시 915 MHz의 cooking system을 사용하는데 microwave만 단독 사용하거나 열풍과 병용할 수 있으며 병용할 경우 열풍에 의해 베이컨의 수분을 제거할 수 있다⁽¹⁰⁾. 또한 이 경우 과열로 인한 베이컨 손실이 없기 때문에 생산수율이 25-38% 증가한다고 한다⁽¹¹⁾. Microwave에 의한 가금육 처리시에는 스팀을 병용하여 Salmonella 오염을 방지

하는데 이 공정의 생산수율도 10% 증가하였다고 한다. 가금육 처리시 부위별로 처리를 달리할 수 있는데 가슴살이나 넓적다리살은 915 MHz에서 출력을 높여 처리하고 날개나 발은 2450MHz에서 출력을 낮추어 처리한다⁽¹⁰⁾

Microwave를 이용하여 빵을 구으면 crust가 형성되지 않고 표면의 갈변이 이루어지지 않는 단점이 생긴다⁽¹¹⁾. 이 단점을 해소하기 위하여 200-300℃에서 4-5분간 더 굽거나 적외선가열을 병행하기도 한다. Microwave로 빵을 구을 때 2450 MHz보다 915 MHz를 사용하면 침투깊이가 깊어지기 때문에 빵의 중심이 undercooking되는 현상을 막을 수 있다. 또한 amylase 역가가 높고 단백질 함량이 부족한 밀가루로 빵을 할 경우 빵의 부피가 작고 탄성이 적으며 빵속(crumb)이 dry한 좋지 않은 품질의 빵이 만들어지지만, 이를 microwave로 구으면 가열 속도가 빠르기 때문에 CO₂와 수증기 발생량이 급증하여 단백질 함량이 부족함에도 불구하고 빵의 부피가 증가하며 온도상승속도가 빨라 amylase에 의한 전분분해가 일어나지 않아 빵의 품질이 좋아진다⁽²⁷⁾. 일반적으로 microwave를 병용하여 구을 경우 전통적인 오븐에서 구을 때보다 시간이 급는 시간이 1/3로 단축된다. 또한 갓구어낸 cookie나 biscuit의 마감 건조에 사용할 경우 공정시간을 50% 절감할 수 있다⁽¹⁰⁾. 그밖에 microwave를 이용하여 도넛용 반죽을 발효할 경우 소요 시간을 25-35분으로부터 4분으로 단축시킬 수 있다⁽¹¹⁾. 피자의 경우 microwave를 이용하여 빵의 수분함량을 2-8%까지 감소시킨 후 굽든가 몇분간 prebaking함으로써 굽는 시간을 줄일 수 있다⁽²⁷⁾.

III. 맺음말

Microwave를 활용하여 식품을 가공할 경우 식품의 품질과 경제성 면에서 여러 가지 잇점을 얻을 수 있으나 실제로 식품공장에 적용되는 데에는 많은 제약이 따르고 있다. 가장 큰 제약조건은 microwave 식품가공 장치가 비싼 점이고, 그 다음은 기술적으로 microwave 식품가공 장치의 설계와 제조가 어려운 점이며, 마지막은 microwave와 식품의 상호 작용에 대한 지식 부족이라 하겠다. 식품의 유전 특성은 복잡한 성질이며 이에 대한 명확한 파악없이는 microwave 식품가공 장치를 적절하게 설계·제작할 수 없다. 따라서 microwave 식품가공장치 설계·제조자와 식품 전공자의 공동연구가 필수적이며 이 경우 microwave를 이용한 식품가공은 활발하게 전개될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Ohlsson, T.: Dielectric properties and microwave processing. In *Food Properties and Computer-Aided Engineering of Food Processing Systems*, Sing, R.P. and Medina, A.G. (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands (1989)
2. Stulchy, S.S. and Stulchy, M.A.: Microwave drying: potential and limitations.

- In *Advances in Drying*, Mujumdar, A.S. (Ed.), Hemisphere Publishing Corp., New York, N.Y. (1983)
3. Mullin, J.: Microwave processing. In *New Methods of Food Preservation*, Gould, G.W. (Ed.), Blackie Academic & Professional, New York, N.Y. (1995)
 4. Thuery, J.: *Microwaves: Industrial, Scientific, and Medical Applications*, Artech House, Inc., Norwood, MA (1992)
 5. Rosenthal, I.: *Electromagnetic Radiations in Food Science*, Springer-Verlag, New York, N.Y. (1992)
 6. Mudgett, R.E.: Microwave properties and heating characteristics of foods. *Food Technol.*, **49**(6), 84 (1986)
 7. Schiffmann, R.F.: Microwave and dielectric drying. In *Handbook of Industrial Drying*, Mujumdar, A.S. (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y. (1987)
 8. Decareau, R.V.: *Microwaves in the Food Processing Industry*, Academic Press, Inc., New York, N.Y. (1985)
 9. Kim, S.S.: Microwave vacuum drying of plain yogurt. Ph.D. Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA (1991)
 10. IFT: Microwave food processing. *Food Technol.* **43**(1), 117 (1989)
 11. Giese, J.: Advances in microwave food processing. *Food Technol.*, **46**(9), 118 (1992)
 12. Copson, D.A.: *Microwave Heating in Freeze Drying, Electronic Ovens, and Other Applications*, AVI Publishing Co., Inc., West Port, Connecticut, USA (1962)
 13. Meisel, N.: Microwave vacuum drying by Gigavec-process for continuous manufacture of instantly soluble fruit powders. *Microwave Energy Appl. Newsletter*, **12**(6), 3 (1979)
 14. Velupillai, L., Verma, L.P. and Wadsworth, J.I.: Quality aspects of microwave vacuum dried parboiled rice. *Trans. ASAE*, **32**(5), 1759 (1989)
 15. Kim, S.S.: Survival of lactic acid bacteria during microwave vacuum drying of plain yogurt. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie* (accepted for publication) (1997)
 16. Rosenberg, U. and Bogl, W.: Microwave pasteurization, sterilization, blanching, and pest control in the food industry. *Food Technol.*, **41**(6), 92 (1987)
 17. Harlifinger, L.: Microwave sterilization. *Food Technol.* **46**(12), 57 (1992)
 18. Schlegel, W.: Commercial pasteurization and sterilization of food products using microwave technology. *Food Technol.*, **46**(12), 62 (1992)
 19. Harper, W.J. and Hall, S.W.: *Dairy Technology and Engineering*, AVI, Westport, Connecticut, USA (1976)
 20. Dummett, G.A.: *Microwaves: development and applications. Chemistry and*

Industry, 1604 (1964)

21. 신정규, 변유량: Pulsed microwave를 이용한 젓산균 저온살균시스템의 개발. *식품과학과 산업*, **27**(4), 57 (1994)
22. Nykvist, W.E. and Decareau, R.V.: Microwave meat roasting. *J. Microwave Power*, **11**(1), 3 (1976)
23. Yoshida, H., Mieno, A., Takagi, S., Yamaguchi, M., and Kajimoto, G.: Microwave roasting effects on acyl lipids in soybeans (*Glycine max.* L.) at different moisture contents. *J. Food Sci.*, **60**(4), 801 (1995)
24. Bauermeister, P.: Cocoa liquor roasting. *The Manufacturing Confectioner*, Oct., 43 (1981)
25. Chaveron, H., Guyot, B., Hashim, L., Pezoa, H., and Pontillon, J.: Formation and evolution of methylpyrazines during cocoa roasting (study of methylpyrazines extraction methods). In *Flavors and Off-Flavors*, Charalambous, G. (Ed.), Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands (1989)
26. Schmitt, A.: The spray/thin film process for roasting cocoa liquor. *CMM*, Nov., 4 (1988)
27. Rosenberg, U. and Bogl, W.: Microwave thawing, drying, and baking in the food industry. *Food Technol.*, **41**(6), 85 (1987)