



전자레인지 가열 식품의 온도 상승

Temperature Increase of Microwave-heated Food in a Plastic Container

金澤信夫 / 일반사단법인 일본 플라스틱 식품 용기 공협회

1. 서론

전자레인지로 식품을 데워서 식사를 하는 생활이 일본 사회에 소개되고 시작되고 난 후 반세기 가까이 되어가고 있는 것은 아닐까. 1980년대 후반에 해외에서 냉동 식품의 해동은 컨벤셔널 오븐으로는 시간이 걸리므로 전자레인지로도 가열할 수 있는 이른바 듀얼 오브너블(dual ovenable)의 물결이 일어나 일본으로 파급되어 전자레인지 식품의 붐이 일었다.

그 시대에는 전자레인지 식품은 가격이 높다는 등의 평판이 있어 그 정도로 많이 사용되지는 않았었다.

그러나 그 즈음부터 편의점은 도시락 등 가게에서 전자레인지 가열을 해 주고 슈퍼의 반찬등도 자택에서 전자레인지 가열을 하는 기준을 표시하게 되었다.

지금은 전자레인지 식품이라고 하는 특별한 장르가 아니라 셀프 서비스 방식의 일반 식품이 가정에서는 전자레인지로 가열해서 먹는 습관이 된 것도 있고 원웨이 식품 용기의 우리 단체

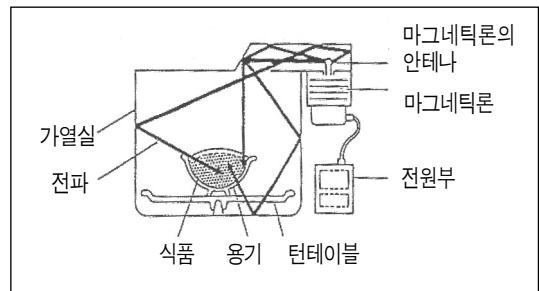
에서도 어느 정도의 온도까지 온도 상승하는지 흥미가 있어 그 결과를 사회에 공표해 참고로 삼을 수 있도록 하는 의도에서 실험 결과를 공표한다.

1. 온도 측정 방법의 검토

1-1. 광학이버 방식 온도 센서에 의한 측정

전자레인지 가열 중의 온도를 측정하려면 일반적인 온도센서(열전대 등)로는 마이크로파의 영향을 받기 때문에 측정을 할 수 없는데, 광학이버식 온도계는 센서를 직접 식품에 접촉하면

[그림 1] 가열의 패턴



[사진 1] 센서 측정



서 상승 중에서의 온도 측정도 가능하다.

실제로, 시판되고 있는 식품을 사서 몇 가지 종류를 온도 측정 해 보았는데, 전자레인지 가열의 기본적인 특징은 조사된 마이크로파와 식품 내의 매우 작은 부분과의 관계에서 그 작은 부분이 얼마나 온도 상승하는가 하는 것에서부터, 온도 차이가 크다는 것이다.

따라서 전자레인지 가열에서 식품이 얼마나 온도 상승하는가 하더라도, 매우 섬세한 국부마다 측정해 온도 센서의 접촉점이 최고온도를 표하는 점을 찾는 것은 접점을 몇 만번 바꾸어 측정해도 불가능에 가깝다.

[사진 1]은 햄버그 도시락 뚜껑의 1점에 구멍을 뚫어 센서를 삽입해 접촉시켜 측정하고 있는 상황을 표시하고 있다.

접점이 정말로 표면에 접하고 있는가에 대해서도 알기 어렵다.

1-2. 적외선 방식 온도계에 의한 해석(서모그래피)

식품 표면이 몇 도로 되어 있는지 측정하려면 최근 몇 년간 기술 진보가 현저하고 각종 용도

[사진 2] 서모그래피 촬영



에서 사용되고 있는 적외선 서모그래피에 의한 온도 측정이 좋다.

플라스틱 식품 용기에 접하고 있는 식품 부분은 식품의 표면이다.

따라서 식품 전 표면에서 발하는 열영상을 적외선 카메라로 촬영해 온도 측정하면 식품 전체의 온도 분포, 최고 온도, 평균 온도 등의 데이터를 얻을 수 있다.

그러나 가열된 식품의 표면 온도는 측정할 수 있지만 전자레인지 가열의 상승 도중인 데이터는 측정할 수 없으므로 많은 동일 검체를 준비해 반복해서 작업해 가열 시간을 서서히 길게 하면서 그때그때 꺼내서 측정할 수밖에 없다.

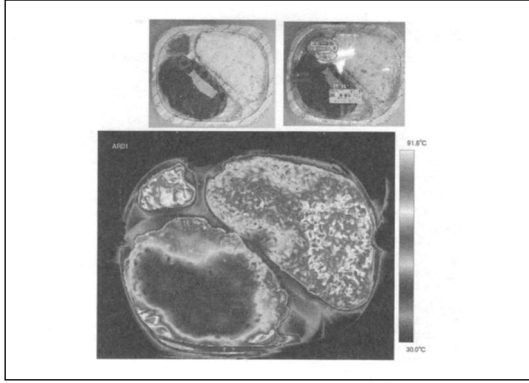
또한 뚜껑을 벗겨서 직접 식품 표면을 촬영해야만 하므로, 전자레인지에서 꺼내고 뚜껑 벗기는 시간까지의 온도 강하는 고려해야만 한다.

실제 그 작업은 7초 정도가 걸렸다.

이것은 최종적으로 온도 강하의 데이터를 취해 강하 온도 곡선에서 시작 재료에서의 온도를 추정했다.



[사진 3] 1,600W×50초 가열



또한 식품의 뒤쪽의 데이터는 취할 수 없고 어디까지나 촬영된 표면 뿐이다.

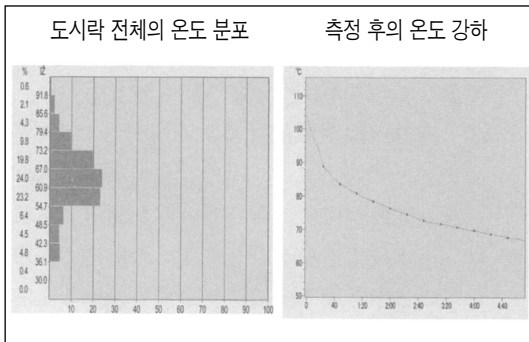
2. 서모그래피에 의한 온도 측정

2-1. 사용 기기

- 메이커 : FLIR Systems, Inc.(미국)
- 기 종 : Thermo Vision SC 4000
- 검출소자 : 320 × 256

촬영된 식품 표면의 약 8만점의 위치의 온도 계측, 온도 분포 측정이 가능해 그 후의 온도 강

[그림 2] 도시락 전체의 온도 도수 분포



[표 1] 동일 메뉴에서 전자레인지 기종 차이, 가열 시간 차의 온도 측정 결과(햄버그 도시락)

가정용 500W

가열시간	최고온도	평균온도
2분40초	94.7	53.3
3분10초	93.1	53.9
3분40초	104.1	57.5
4분40초	99.0	60.4

업무용 1,600W

가열시간	최고온도	평균온도
20초	86.1	33.5
30초	87.2	37.5
40초	89.1	45.3
50초	96.4	51.5
1분	102.5	56.3
1분10초	111.2	62.1

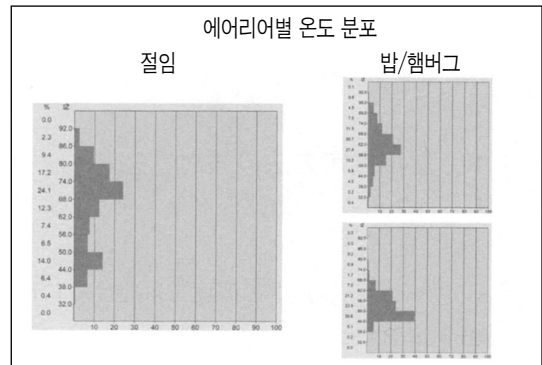
하 데이터도 얻을 수 있다.

[사진 2]에 그 촬영 풍경을 나타낸다.

2-2. 온도 측정의 구체 예

햄버그 도시락을 1,600W×50초 가열한 경우의 온도 분포 영상이 [사진 3]이고, 도시락 전체

[그림 3] 절임, 밥, 햄버그의 에어리어마다의 온도 도수 분포



[표 2] 동일 메뉴, 동일 가열 시간에서의 실측 데이터 (n=5)(햄버그 도시락)

가정용 500W×2분40초

n	최고온도	평균온도
1	93.5	49.9
2	91.5	51.5
3	95.7	54.3
4	94.7	53.9
5	97.9	56.7
평균	94.7	53.3

업무용 1,600×50초

n	최고온도	평균온도
1	92.3	49.5
2	103.1	50.6
3	100.4	54.5
4	94.6	53.0
5	91.8	49.8
평균	96.4	51.5

의 온도의 도수 분포가 [그림 2]에서(세로축은 온도, 가로축은 도수비율) 나타내고 또한 절임, 밥, 햄버그의 에어리어마다의 온도 도수 분포를 [그림 3]에서 나타낸다.

이것을 보아 절임이 가장 온도가 높게 올라가

92℃까지 달해, 그 절임 에어리어에서도 68~74℃의 온도대가 많이 접해, 38℃까지 분포하고 있다는 것을 알 수 있었다.

에어리어 마다의 온도 분포에서는 햄버그 표면이 비교적 낮은 온도대였다.

2-3. 편의점 도시락의 전자레인지 가열

시판되고 있는 편의점 도시락을 구입해 가정용, 업무용의 전자레인지에서 가열 시간을 바꾸어 최고 온도, 평균 온도가 어떻게 변화하는지 동일 메뉴 동일 가열 조건에서의 온도 불균형, 또한 메뉴에 의해 표시 가열 시간에서 몇 도가 되는지에 대해서 서모그래피로 온도 측정했다.

① 식품은 시판되고 있는 햄버그 도시락을 사용해, 가정용 500W로 2분 40초~4분40초까지 가열 시간을 바꾸었는데 최고온도는 104.1℃였다. 또한 업무용 1,600W에서 20초~1분10초까지 바꾸었는데 최고 온도는 111.2℃였다. 시험 결과는 [표 1]대로이며, 가열 시간마다의 온도를 나타낸다.

② 동일 햄버그 도시락을 10개 구입해, 동일 가열 조건에서 가정용, 업무용 각 5개 측정해

[표 3] 편의점 상품의 메뉴 마다의 온도 측정 결과

상품명	500W	최고온도	평균온도	1,600W	최고온도	평균온도
김	2분	99.5	55.7	40초	107.7	51.0
도시락	2분	97.7	52.0	40초	108.1	52.8
가리비밥	1분30초	102.7	50.5	30초	97.4	50.3
김치나베	1분50초	87.5	50.1	35초	76.2	46.0
나폴리탄	1분50초	93.3	50.4	40초	93.3	51.0
치킨까스	2분10초	94.7	56.5	45초	92.6	53.4
야키니쿠동	2분50초	98.2	56.4	55초	90.2	52.5



[표 4] 슈퍼의 반찬에서 가정용 전자렌지 가열(500W)의 온도 측정 결과

상품명	가열시간	최고온도	평균온도
닭튀김	1분30초	101.9	53.5
	2분	115.0	64.9
오징어튀김	1분	97.9	53.4
	1분30초	107.0	54.1
	2분	107.2	55.7
중화반찬	1분30초	69.6	33.9
	2분	92.6	63.7
	2분30초	111.0	68.6

온도 측정 결과의 불균형을 조사했다((표 2)에 나타낸다).

③ 시판되고 있는 편의점 상품의 메뉴마다의 온도 측정 결과는 [표 3]에 나타낸다. 전체의 최고 온도는 업무용 전자렌지 40초 가열의 108.1℃였다.

찌개 등 국물이 많은 경우는 비교적 낮은 온도를 나타내고 나폴리탄은 93℃의 결과인데 바닥면에 모인 기름 자체는 더욱 고온이 되었을 가능성이 있다.

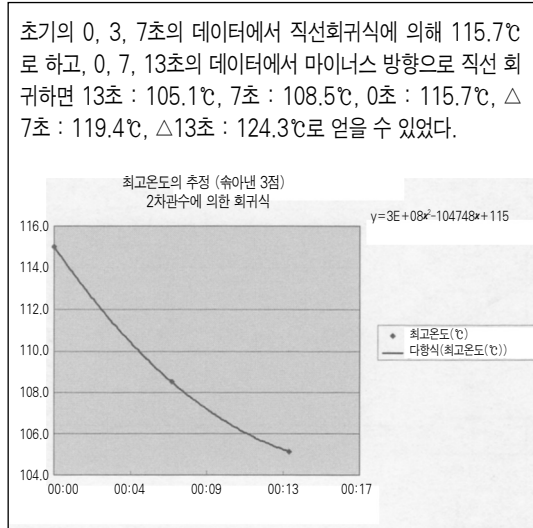
2-4. 슈퍼의 반찬

이번에 테스트한 슈퍼의 반찬은 편의점 도시락과 같이 전자레인지 가열 조건이 표시되어 있지 않았기 때문에 판매처의 플라스틱 포장 용기에 넣은 채 전자레인지 가열이라고 하는 판매 방침이 아닌 가정의 식기로 옮겨 가열하는 의도일 수도 있는데, 닭튀김, 중화반찬을 구입해 가정용 전자레인지로 가열해 가열 시간을 바꾸어 온도 측정을 실시했다. 온도 측정 결과에서 닭튀김의 2분 가열에서 115℃ 라고 하는 것이 최고 온도였다(측정 결과는 [표 4]에 나타낸다).

[표 5] 조미액 50ml의 전자렌지 가열 온도 상승

500W		2분	2분30초	3분	3분30초	4분
샐러드유	최고온도	152.7	172.4	194.8	212.3	210.9
	평균온도	74.4	86.5	89.8	141.8	142.4
간장유	최고온도	105.7	106.0	107.6	107.5	119.9
	평균온도	64.4	67.9	68.8	75.2	81.3
야키니쿠소스	최고온도	129.9	137.3	143.1	145.1	150.2
	평균온도	71.3	75.5	84.6	90.8	95.6
1,600W		20초	30초	40초	50초	1분
샐러드유	최고온도	89.4	111.2	129.4	148.2	140.6
	평균온도	42.2	45.1	52.2	61.9	58.4
간장유	최고온도	99.2	98.8	105.8	104.4	100.5
	평균온도	60.5	63.0	70.0	72.4	65.9
야키니쿠소스	최고온도	101.9	121.1	131.2	142.8	145.0
	평균온도	57.2	69.6	74.8	77.9	85.9

[그림 4] 최고온도 추정



2-5. 조미액의 전자레인지 가열에 의한 온도 상승

실제의 조리 식품 중에 포함되는 기름, 간장 유, 소스 등이 이상하게 고온이 되는 것은 자주 경험하는 것으로 어느 정도 급격한 온도 상승이 되는지에 대해, 비커에 각각 50ml의 시험액을 넣어 가정용, 업무용의 전자레인지로 가열 시간을 바꾸어 온도를 측정 했다.

시험 결과는 [표 5]에 나타내는 대로, 샐러드 유에서는 가정용 전자레인지 2분 가열에서도 152.7℃, 업무용 40초 가열에서 129.4℃로 고온이 된다는 것을 알았다. 야키니쿠의 소스에서도 똑같이 고온이 되었다.

2-6. 전자레인지 가열 완료 시점과 꺼내는 영상 촬영의 시간차의 보정

처음에 기술한대로 서모그래피에 의한 온도 측정에서는 가열 완료 후 꺼내는 촬영의 사이에 온도 강하를 고려하지 않으면 안 된다.

실제의 데이터 측정에 있어서는 촬영 직후부터의 온도 강하 측정을 실시하고 있다. 따라서, 그 온도 강하 곡선에서 외삽해서 가열 완료 시점의 온도를 계산했다.

실제의 작업에서는 7초 정도 걸렸다는 점에서, 최고 온도를 115.0℃로 기록한 닭튀김 반찬의 경우에 120℃정도까지 달했다고 추측된다 [그림 4].

3. 내열시험 평가방법 검토

이번의 온도 측정에 관해서는 2009년의 경제산업성 위탁 연구인 「원웨이 플라스틱제 식품용기의 시험법 JIS 개발」이라고 하는 테마로 연구해 얻은 데이터를 소개한 것이다.

JIS화의 검토에 맞추어 시판되는 도시락, 반찬을 전자레인지 가열한 경우 어디까지 온도 상승하는지 실태를 파악하는 목적으로 온도 측정 방법을 검토했다. 실제로 온도 측정을 실시했는데 결과는 이하와 같이 JIS화는 어렵다는 것으로 현재에 이르고 있다. 즉, 통상의 도시락, 반찬의 전자레인지 가열에서는 국부적인 최고 온도는 순간적이기는 하지만 120℃ 정도까지 상승한다. 그러나 샐러드유나 소스 등이 부착되어 있으면 그 이상의 고온이 되는 경우도 있다. 어디까지나 극히 국부적이며 순간의 이야기이다.

먼저 전자레인지 가열은 통상의 외부 가열에 의한 열전달 방식과는 다르고 용기 내부의 식품 자체가 전자파 조사를 받아 자기 발열해, 그 발열한 식품에서 용기로 전달되는 열의 영향에 대해서 용기에 어느 정도의 용기 내열성이 필요한가 하는 문제이다.



[표 6] 전자렌지 가열 시험 이미지

모델 식품성분	전자렌지	가열시간	이상 유무 판정
A	JIS규정	…분	
B	상동	상동	
C	상동	상동	
D	상동	상동	
E	상동	상동	

식품의 발열 정도는 식품 성분 개개의 전자파에 의한 발열 정도 차이나 최근에 다양화된 전자레인지의 성능 차이, 실제로 먹을 때의 가열 시간 등에 의해서 달라진다고 해석된다.

[표 6]에 이미지를 나타내듯, 전자레인지 성능과 가열 시간을 일정하게 해, 고온이 되기 쉬운(발열 정도가 심한) 식품 성분에서, 그렇지 않은(그 정도로 고온이 되지 않는) 식품 성분까지 식품 성분을 분류해 모델 물질을 정하고 그 순위를 정한 모델 물질을 사용해 시험을 실시하고

시험 후의 용기의 이상 유무를 육안에 의해 조사해 판정한다고 하는 방법밖에 없을까 하는 생각에 이르렀다.

II. 마치며

이번의 시험 결과에서 많은 결과를 얻고 지금까지 전자레인지의 가열에서 몇 도까지 온도 상승하는지 불명확했던 점이 꽤 해명되었다. 이것은 일상적으로 행해지고 있는 플라스틱 식품 용기에 식품을 넣어 전자레인지 가열하는 경우, 용기제조자, 이용자에게 있어서 귀중한 정보를 얻을 수 있었다고 생각된다. 그러나 전자레인지 가열의 내열 시험법의 확립은 지금까지 기술해 온 대로 많은 검토 과제가 있다. 연구해 온 과제의 해결을 향해 이 후로도 검토를 진행할 것이다. ☐

사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net