

포장 소재에 따른 전자레인지 가열 조리 패턴 조사

이화신¹ · 조아름² · 문상권² · 윤찬석³ · 이근택^{1,4*}

¹독일 프라운호퍼 공정공학 및 포장연구소 한국지소

²(주)CJ제일제당 패키징센터

³국가식품클러스터지원센터 연구개발팀

⁴강릉원주대학교 식품가공유통학과

Investigation on the Heating Patterns Depending on the Packaging Materials During Microwave Cooking

Hwa Shin Lee¹, Ah Reum Cho², Sang Kwon Moon², Chan Suk Yoon³, and Keun Taik Lee^{1,4*}

¹Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

²Korea Branch Office, Fraunhofer Institute of Process Engineering and Packaging, Gangneung 210-340, Korea

³R&D Team, Agency for Korea National Food Cluster, Iksan 427-806, Korea

⁴Packaging Center, CJ Cheiljedang Co., Ltd., Seoul 100-400, Korea

Abstract Heating patterns depending on the packaging materials were examined in order to investigate the causes of thermal deformation of packages used for ready-to-eat foods for microwave heating due to the non-uniformity of microwaves. Physical properties including tensile strength, heat-resistance and elongation of four different CPP grades were compared. High retortable CPP had higher sealing strength and heat resistance compared to the conventional CPPs. All CPP samples tested were proved to have melting temperatures around 160°C. However, they were all thermally deformed by microwave heating due to a limited penetration of microwave and non-uniform heating within the spicy sauce of high viscosity contained high salt, especially on the above the filling line and sealing edge of pouches. When the laminated stand-up pouches composed of G-PET/PET/PET/CPP and G-PET/PET/NY/CPP were retorted and microwaved, significant deformations were noticed in both samples after retorting. Besides, pouches contained titanium dioxide showed more intense thermal deformation than the control. When the 10 µm aluminium foil was affixed on the pouch, small thermal deformation was observed only in the bottom layer. More studies are required to prevent the thermal deformation of packaging materials used for RTE foods during microwave heating by developing the technologies to increase the thermal stability of CPP layer and the modification of packaging design to modify the microwave access into the package.

Keywords Package, Deformation patterns, Microwave heating, RTE foods

서 론

여성의 직장활동 증가와 핵가족화 등 사회구조와 식생활 패턴의 변화에 따라 즉석섭취나 즉석조리(ready-to-eat; RTE, ready-to-cook; RTC) 같은 간편식의 소비가 증가하는 추세이

다^{1,2)}. 이에 따라 2013년 전세계 전자레인지용 포장재의 매출액은 59.3억불 규모였으나 2018년에는 약 119.3억불 수준으로 매년 9.1%의 성장률을 보일 것으로 추측되고 있다. 그리고 전세계적으로 아시아 국가들에서의 성장률이 11.4%로 가장 높게 예상되고 있다. 또한 서울은 전세계 도시 중 전자레인지를 사용하는 비율이 약 95%로 가장 높은 것으로 조사되었다²⁾.

전자레인지는 조리 시 식품의 내부와 외부의 온도차가 작으며, 조리 시간이 짧고 간편한 이점이 있어 즉석편의 식품에 많이 이용되고 있다. 점차 CVS(convenience store), fast

*Corresponding Author : Keun Taik Lee

Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

Tel : +82-33-640-2333, Fax : +82-33-647-4559

E-mail : leekt@gwnu.ac.kr

food restaurant이나 홈쇼핑에서 판매되는 RTE나 RTC 제품류는 대부분 전자레인지로 가정에서 간편하게 조리 섭취될 수 있도록 포장 생산되고 있다^{3,4)}. 이와 같이 우리의 식생활에서 전자레인지가 차지하는 역할은 매우 지대한데, 전자레인지의 가열 패턴에 따라 조리되는 식품의 품질이 크게 영향을 받을 수 있다는 점이 간과되고 있다고 판단된다. 즉, 전자레인지 조리 시 식품의 두께, 구조와 유전 특성 및 열적 성질, 마이크로웨이브 내 가이드의 위치, 식품 성분 및 형태, 오븐 내 식품의 위치 및 회전 여부 등과 같은 다양한 요인에 의해 식품의 가열 패턴이 달라질 수 있다^{4,7)}.

따라서 전자레인지 식품에 사용되는 포장재 및 포장시스템은 매우 복잡하고 다양한 요인들을 고려하여 결정되어야 한다. 전자레인지 가열용 식품에 사용되는 용기 포장재는 내열성과 위생적으로 안전하며 외부의 냄새나 향을 흡수하지 말아야 할 것이며 식품의 가공, 저장, 유통 및 조리 시 물리적 손상에 어느 정도 저항성을 유지할 수 있어야 한다. 또한 전자레인지 식품은 장기간 저장되어야 하는 종류가 많기 때문에 차단성이 우수해야 하며, 인장강도, 충격강도, 파열강도 및 봉합성 등의 제반 물리적 성질을 갖추기 위해서는 다층 재질이 요구되고 있다. 그리고 일반 전자레인지에서의 조리에는 120~160°C, 그리고 오븐 겸용 레인지에서는 200°C 이상까지 온도가 상승할 수 있다는 점을 감안하여 내열성 포장재와 포장시스템의 선택이 이루어져야 할 것이다^{3,8,9)}.

현재 시중 전자레인지 포장재는 판지 트레이가 약 70% 이상을 차지하고 있다⁹⁾. 합성수지계 전자레인지 용기의 경우 PP 재질이 가장 보편적이며 결정형 PET의 경우 내열성이 보다 우수하지만 가격적으로 다소 고가이다. 기타 파우치 형태의 경우 다양한 복합 재질로 구성되는데 기본적으로 PET나 연신 나일론과 같은 기체 차단층을 기반으로 CPP를 봉합층으로 사용하고 있다. 보다 높은 기체 차단성을 부여하기 위하여 EVOH 층이나 SiO₂와 Al₂O₃같은 물질들이 코팅되기도 한다^{3,8-11)}.

알루미늄층을 사용하여 레토르트 멸균 처리된 제품들은 상온에서도 장기간 저장이 가능한 RTE 제품으로 생산되는데, 이러한 제품들은 전자파가 투과되지 않으므로 전자레인지 조리 시 별도 용기에 덜어낸 후 가열하여야 하는 불편함이 있다. 그러나 간편하고 빠른 식생활을 선호하는 현대 소비자들에게 따라서 포장된 상태로 전자레인지로 즉석에서 가열하기를 원하고 있다. 그러나 최근 유통 중인 일부 전자레인지 가열용 RTE 제품에서 전자파에 의한 가열이 불균일하게 일어나며 따라 hot spot, cold spot 또는 run-away 현상 등이 발생됨으로서 식품이 탄화되거나 포장재의 변형 등 문제점이 발견되었다¹²⁾. 전자레인지 가열 시 포장재가 열 변형될 정도로 가열되면 포장재내 함유되어 있는 다양한 첨가제 및 단량체 등 유해 가능한 물질들이 식품으로 많이 이행되어 소비자의 건강에 유해하게 작용할 수 있는 만큼 포장재의 안

전성 확보 문제가 부각될 수 있다¹³⁾.

따라서 본 연구에서는 전자레인지 가열시 열 변형이 일어나는 포장재의 재질 및 형태에 따른 패턴을 조사하고 이를 해결하기 위한 내열성 CPP의 특성, 합지 포장재의 열 유백색 처리 포장재의 효과를 살펴 보고, 아울러 알루미늄 층의 사용을 통한 포장 내 hot spot을 줄이고 열 분포를 균일하게 함으로써 안정된 전자레인지 포장시스템을 구축하기 위한 조사를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 재료

RTE형 전자레인지 가열용 공시 시료로서 매운 닭 소스 제품이 사용되었다. 이 제품에 사용된 포장재는 스탠딩파우치(stand-up pouch) 형태였으며 높이, 폭, 그리고 바닥 깊이(bottom gusset; BG) 사이즈가 각각 155 mm, 140 mm, 그리고 40 mm이었다. 포장재의 재질 구성은 G-PET 12 µm/PET 12 µm/PET 12 µm/R-CPP 70 µm이었다. 유백색으로 착색된 스탠딩 파우치에는 3%의 이산화티타늄(titanium dioxide, TiO₂)이 사용되었다. 이 때 사용된 포장재의 재질은 G-PET 12 µm/PET 12 µm/PET 12 µm/R-CPP 70 µm이었다. 공시 시료를 전자레인지로 가열 시 식품 내용물은 포장재의 약 80 mm 높이로 160 g을 충전하였다.

한편 유백 처리 방법에 따른 영향을 조사하기 위한 시료로서 white print 처리구는 백색 잉크를 필름 뒷면에 처리한 것이며, white CPP 처리구와 white PET 처리구는 유백 마스터배치를 첨가하여 만든 필름이다. 알루미늄을 포장재에 접합시켜 열 변형 유무를 조사하였는데 이 때 알루미늄이 증착된 필름(OPP/증착 Al/LDPE, 30 µm)과 알루미늄 호일(10 µm)을 스탠딩 파우치의 액위선이 위치하는 면(포장재 하단으로부터 약 40 mm)으로부터 약 100 mm 높이로 다용도접착제(D-5251, 돼지표, Korea)를 이용하여 접착시켰다. 또한 G-PET/PET/PET/R-CPP층으로 구성된 스탠딩 파우치 포장재의 내면을 바깥면으로 하고 PET층이 내면이 되게 뒤집어 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 전자레인지 가열

TiO₂ 첨가 유무 및 알루미늄 접합 포장재의 열 변형 관찰하기 위하여 상기에서 설명한 것과 같은 포장재에 시료 160 g을 넣고 700 W 회전식 전자레인지(M-M270FP, LG Electronics Inc., Korea)에 세워서 2분간 가열하였다. 그리고 합지 포장재 종류에 따른 열 변형 관찰 시에는 출력을 조절할 수 있는 전자레인지(NN-S763WF, Panasonic, Japan)를 이용하여 가열하였다.

2) 포장재 분석

포장재 단면의 구성을 확인하기 위하여 현미경(BX50, Olympus, Japan)을 이용하였으며, 촬영된 사진의 편집을 위하여 solution lite 프로그램이 사용되었다. 포장 재질의 층 구성은 FTIR(FT/IR-460, Jasco, Japan)를 이용하여 확인하였다.

국내의 4종의 CPP 재질들에 대하여 레토르트 가열 및 전자레인지용 포장재의 봉합 층으로 사용될 수 있는 가능성을 평가하기 위하여 살균 전 후 인장강도, 내열성 및 신장률을 조사하였다. 외국산 CPP A는 내열성이 약 135°C 이상으로 알려진 레토르트용 포장재이다. 외국산 CPP B는 레토르트 전/후 열 충격에 따라 필름의 구조적 변화로 봉합강도가 변화되는 단점을 극복하여 높은 열접착 열 봉합 강도를 유지하며 또한 레토르트 전/후의 변화도 3%이내의 편차를 유지하고 있는 것으로 알려져 있는 재질이다. 국내산 CPP C는 국외 제조사와 비교하여 필름 자체의 평활도와 부위에 따른 열 봉합 후 편차가 적은 것이 특징으로 알려져 있다. 그리고 CPP D는 일반적인 PP의 단점인 저온낙하충격에 취약하여 이를 개선한 저온낙하 내충격성 강도에 장점을 갖고 있는 재질이다.

인장강도(tensile strength)는 재료의 세기를 나타내는 힘으로, 재료가 절단되도록 끌어당겼을 때 견뎌내는 최대 하중

(kg/15 mm)을 말한다. 필름 시료는 폭 15 mm, 길이는 그립 사이의 갭 40 mm 사이에 몰릴 수 있도록 준비하였다. 인장시험기(Instron 3365, Instron, USA)를 이용하여 분당 50 mm의 속도로 연신시킨 후, 최대 하중의 값(kg)을 기록하였다. 또한 신장률(rate of elongation)은 인장하중 하에서 파단 시 재료의 연신율(%)이며, 최대 연신 길이에 연신 전의 필름 길이(40 mm)로 나누어 백분율 값으로 나타내었다.

포장재질의 합지강도(peel strength)를 측정하기 위하여 합지된 필름(폭 15 mm)을 ethyl acetate(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Korea)에 12시간 이상 방치한 후 층 분리를 행하였다. 그리고 박리된 필름의 두께를 필름두께측정기(No. 293-240, Mitutoyo Co., Japan)으로 측정하여 합지된 필름의 재질 구성 및 박리 여부를 판단하였다. 합지강도는 박리된 필름을 인장시험기(Instron 3365, Instron, USA)를 이용하여 20 mm정도의 grip gap 사이에 맞물린 후, 분당 50 mm 정도의 속도로 연신시켰을 때의 최대 하중(kg)으로 표시하였다.

3) 온도 측정

전자레인지 가열 중 온도 변화를 측정하기 위해 광섬유 온도계(OSR-8, FISO Technologies Inc., Canada)의 probe를 스탠딩 포장재 내 소스의 중앙, 가장자리와 액위선 위치에

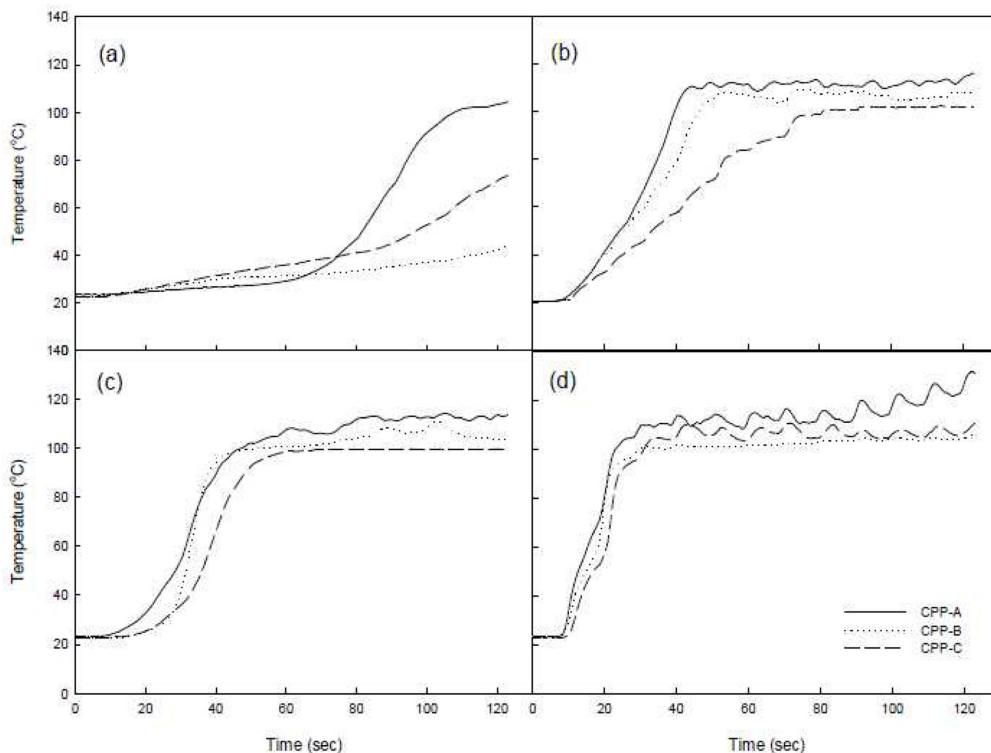


Fig. 1. Temperature changes measured using a fiber-optic thermometer during microwave heating at 1,350 W for 2 min depending on the different CPP grades. (a) core of sauce, (b) liquid level-top, (c) liquid level-down, (d) sealing edge.

Table 1. Comparison of physical properties for the inner layer (CPP) in 70 μm thickness of retort pouches supplied by different film manufacturers

Item	CPP A	CPP B	CPP C	CPP D
	Foreign	Foreign	Domestic	Foreign
Sealing strength (4.5 kg _f /15 mm)	Before retorting MD: 5.6 After retorting MD: 6.5	Before retorting MD: 7.8, TD: 7.2 After retorting MD: 8.0, TD: 7.2	Before retorting MD: 5.3, TD: 5.5 After retorting MD: 5.3, TD: 5.1	Before retorting MD: 5.0, TD: 5.9 After retorting MD: 5.0, TD: 6.5
Heat resistance (°C)	TM: /163.8 TC: /117.1	TM: 120.25/163.9 TC: 96.04/118.2	TM: 122.45/161.1 TC: 74.91/116.6	TM: 75.0/162.6 TC: 56.17/118.3
Elongation (%)	MD: 850 TD: 860	MD: 850 TD: 860	MD: 700 TD: 800	MD: 845 TD: 1,150

TC (crystallization temperature), TM (melting temperature), MD (mechanical direction), TD (transverse direction)

꽃고 회전테이블에 세워 놓고 1,350 W 출력을 갖는 회전식 전자레인지(NN-S763WF, Panasonic, Japan)에서 2분간 가열 하면서 온도 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. CPP 재질별 내열성 비교

전자레인지 조리용 포장재로 주로 사용되는 재질은 PET, Nylon, CPP로 구성되며, 이 때 식품과 접촉하는 내면층에는 주로 CPP 층이 사용된다. 따라서 내열성을 갖는 CPP 재질 들을 RTE용 전자레인지용 파우치로의 적용 가능성을 검증 하기 위하여 다양한 CPP grade에 따른 온도 변화를 측정하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이. 조사된 CPP grade 별 내열성의 차이에 따른 온도 변화 패턴에는 큰 차이가 발견되지 않았다. Table 1의 경우 CPP grade에 대한 정보이며, 고온에서 레토르트 가공에 사용되는 high retortable CPP는 일반 CPP 재질과 비교하여 강한 열 접촉강도 및 내열 저항성을 가지고 있고, 필름 자체의 기계적 물성과 내용물 충전 및 레토르트 처리 후 저온 낙하 시 충격강도가 우수하다. 국외 및 국내 CPP 제품에서 인장강도 및 신장률에서는 차이가 있지만 대부분 160°C 정도 수준의 열 저항성을 가지고 있다 (Table 1). 위의 인장강도 및 신장률 수치는 특히 레토르트 제품의 중요한 물성 지표 중 하나인 내충격성에 영향을 미칠 수 있다. 한편 찢림강도는 CPP B 시료가 레토르트 가열 전 MD와 TD 측정시 각각 7.8과 7.2 kg/min, 그리고 레토르트 가열 후 MD와 TD 측정시 각각 8.0과 7.2 kg/min로 가장 높았으며, 그 다음으로 CCP A- CPP C - CPP D 순으로 찢림 강도가 높은 것으로 조사되었다. 레토르트 처리의 영향을 보면 CPP A는 레토르트 처리 후 오히려 5.6에서 6.5 kg/min로 증가한 반면 다른 CPP 재질에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

지금까지 개발된 레토르트용 내면 CPP층은 내용물에 따라 차이가 있지만 높은 점도와 염분 함량을 갖는 hot spicy

제품에서는 전자파의 침투가 원활하지 못하여 전자레인지 조리시 내용물의 균일한 가열이 어렵고 이로 인한 내용물 표면에 crust의 형성과 갑작스러운 과열 현상으로 인하여 내용물이 튀어 형성된 splatter가 탄화되어 국지적으로 또는 액위선 부위에서 포장재의 열 변형이 관찰되고 있다.




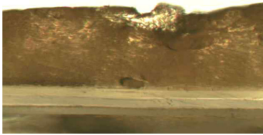
이때 온도가 순간적으로 최대 180°C 이상 상승하므로 최대 160°C 수준의 내열성을 갖는 기존의 CPP 재질로는 열 변형을 억제하기가 어려울 것으로 판단된다. 하지만 전자레인지 조리조건의 최적설정, 포장 내 내용물의 균일한 가열을 위한 포장형태 설계나 내면 CPP 층의 개질/개선을 통한 내열안정성 확보 등 다양한 접근을 통해 문제의 해결이 가능할 것으로 예상된다.

2. 합지 포장재 종류에 따른 열 변형과 합지 강도 변화

PET/PET/PET/ CPP와 PET/PET/NY/ CPP의 두 가지 다른 층으로 구성된 스탠딩 파우치 형태의 전자레인지용 포장재 질에 따른 레토르트 및 전자레인지 가열 후 열 변형 상태 및 합지강도의 변화를 살펴본 결과는 다음 Table 2와 같다. 합지강도의 경우 레토르트 또는 전자레인지 가열에 의한 차이보다는 포장재의 종류에 의한 차이가 더 컸다. G-PET/PET/PET/ CPP의 경우 아무런 처리를 하지 않은 포장재의 합지강도는 0.572 kg이었으나, 레토르트 처리를 한 후 0.582 kg, 레토르트 및 전자레인지 가열 후에는 0.477 kg로 레토르트 및 전자레인지 가열 후 합지강도가 약해졌다. PET/PET/NY/ CPP는 아무런 처리를 하지 않은 포장재의 합지강도는 1.156 kg이었고, 레토르트 처리를 한 후 1.165 kg, 레토르트 및 전자레인지 가열 후에는 1.211 kg로 처리에 따른 차이는 뚜렷하게 발견되지 않았다.

상기 두 가지 포장재에서 모두 레토르트 처리 후 오렌지 필과 같은 현상에 의하여 CPP 층의 박리 현상이 관찰되었으며, 전자레인지 조리 후 손상된 부위의 경우 CPP 층이 표면부터 심하게 파여 들어간 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이러한 열 손상이 CPP를 완전히 투과하여 Nylon이나 PET

Table 2. Changes in surface morphology and peel strength of packages after retorting and microwave heating at 700 W for 2 min

		G-PET/PET/PET/PPP	G-PET/PET/NY/PPP
Before retorting	Surface Morphology		
	Cross section		
	Peel strength (kg _f)	0.572	1.156
After retorting	Surface Morphology		
	Cross section		
	Peel strength (kg _f)	0.582	1.165
After retorting and microwave heating	Surface Morphology		
	Cross section		
	Peel strength (kg _f)	0.477	1.211

층까지 도달되지는 않은 것으로 확인되었다.




3. 이산화티타늄 첨가 유무에 따른 파우치의 전자레인지 가열조리 패턴 분석

Table 3에서 보는 바와 같이 TiO₂가 첨가된 유백 파우치 (sample 1)와 투명 파우치(sample 2)를 비교하였을 때 유백 파우치에서 열 변형이 더 심하게 발생하는 것을 확인하였다. TiO₂가 포함된 포장재의 경우 소스 내용물이 포함되지 않은 상태로 회전식 전자레인지로 가열 시에는 TiO₂가 포함된 포장재에서와 비교하여 열화상카메라로 측정 또는 전자레인지 가열 후 손으로 느껴지는 포장재 표면 온도의 온도 차이가 크지 않았다(data not shown).

그에 따른 스탠딩 파우치에 각 부위에서의 온도 변화를

광섬유온도계로 측정한 결과는 Fig. 2와 같았다. 유백처리 방법을 달리하여 white print, white CPP 및 white PET 3가지 필름 시료로 테스트하였다. 동일한 유백처리지만 전자레인지 가열 시 처리방법이나 유백 물질에 따라 가열 패턴이 변화하는지 관찰하고자 하였다. 온도 측정 결과, 유백 처리 방법에 따른 온도의 차이는 크지 않았으나, 소스의 위치별 온도편차가 있었다. 소스 중심부의 경우 전자레인지 가열 후 80초가 지난 후 온도가 급격히 상승하기 시작하였고 최고 온도는 white print 시료에서 103.7°C, white CPP 시료에서 100.4°C, 그리고 white PET 시료에서는 95.6°C이었다. 액위선 윗부분과 아랫부분은 전자레인지 가열 약 20초 후부터 온도가 급격히 상승하였으며 white print 시료에서는 최고 113.7°C까지 온도가 상승하였다. 포장재의 sealing

Table 3. Effects of the use of titanium dioxide and vapor emission valve for the pouch on the packaging deformation degree after microwave heating at 700 W for 2 min

Sample No.	1	2	3
Composition of pouch	G-PET 12 μm/PET 12 μm/PET 12 μm/R-CPP 70 μm		
TiO ₂ addition	o	x	x
Emission valve	none	none	affixed
Picture after MW heating			
Degree of package deformation ¹⁾	5	4	3

¹⁾0 (none), 1 (none to very slight), 2 (slight), 3 (moderate), 4 (extreme), 5 (very extreme).

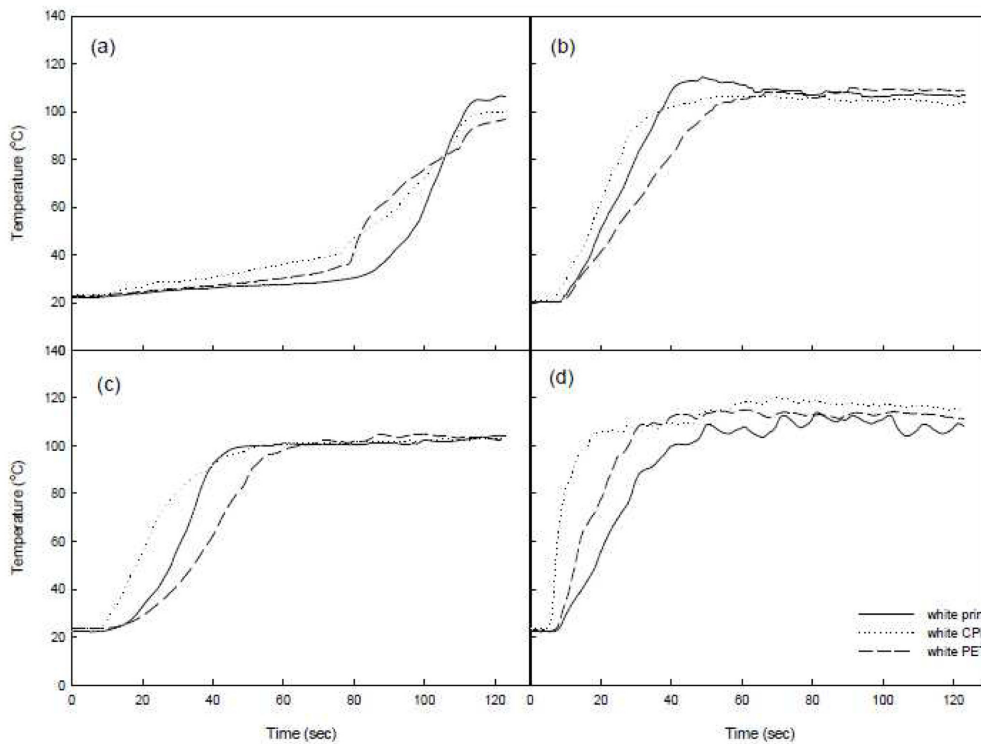


Fig. 2. Temperature changes measured using a fiber-optic thermometer during microwave heating at 1,350 W for 2 min depending on the different treatments of white colorant. (a) core of sauce, (b) liquid level-top, (c) liquid level-down, (d) sealing edge.

edge 부분에서 온도 상승 시간이 가장 빨랐고 white CPP 시료에서 최고 119.3°C까지 상승하였다.

이와 관련하여 Haque⁵⁾는 티타늄의 원석인 금홍석의 경우 500 W/2,450 MHz의 전자레인지로 4분 가열 후에도 실온을 유지하였다고 보고한 바 있다. 이는 아마도 포장재 내부에 소스 유무에 따른 차이로서 소스가 있을 경우 전자레

인지 가열 중 소스가 포장재로 튀어 붙으면서 포장재 내 TiO₂ 성분에 의하여 전자파가 집중 흡수되는 효과로 과열에 의한 열 변형이 촉진되는 결과가 초래된 것으로 추측된다.

한편, 동일한 투명 파우치 중에도 수증기 배출 밸브가 있는 포장재(sample 3)의 경우 sample 1과 2에 비하여 열 변형 정도가 작게 나타났다. 이는 수증기 배출 밸브가 없는 포

장재의 경우 전자레인지 가열 중 내용물이 비등하면서 수증기가 포장재 절단면 방향으로 함께 배출됨에 따라 액위선 상단 부위의 포장재가 열 손상을 크게 입게 된다. 그러나 수증기 배출 밸브가 있는 경우 포장재내 압력이 밸브의 개봉시점까지 단혀 있게 되어 높은 수증기압 상태로 유지됨에 따라 상대적으로 밸브가 없는 포장재에 비하여 비등된 내용물이 포장재 내면에 부착되더라도 덜 건조되고 전자파에 의한 과열 현상이 줄어들게 되는 것으로 사료된다.

4. 알루미늄 접합 또는 내면 PET층 파우치의 전자레인지 가열조리 패턴 분석

전자레인지 가열 시 스탠딩 파우치 제품의 포장재에서의 열 변형은 주로 액위선 상단 부분에 집중적으로 발생된다. 따라서 전자파 차단성이 있는 알루미늄을 액위선 상단 부분에 접합함으로써 이 부분에 마이크로파의 투과 및 집중 가열 현상을 완화하기 위한 효과를 검증하였다. 포장 내 열 집중도를 분산할 목적으로 알루미늄 증착필름을 포장재 상단 부위(액위선 윗부분)에 다용도접착제로 붙인 후 전자레인지로 가열하였을 때 알루미늄 증착 필름이 모두 녹아 열 변형이 심하게 발생되었다. 이는 증착필름에 사용된 내면 포장재가 PE계라 내열성이 약하여 전자레인지 가열 시 용융된 것으로 판단된다(Table 4). 그리고 10 μm 두께의 알루미늄




미늄 호일을 포장재의 바깥쪽 액위선 윗부분에 다용도접착제로 부착한 후 회전식 전자레인지로 가열한 결과, 액위선 부위와 헤드스페이스 부분의 열 변형은 발생되지 않았지만 바닥면(파란색 표시 부분)에서 열 변형이 발생되었다.

한편 G-PET/PET/PETR-CPP 층으로 구성된 포장재의 PET 층이 식품과 접촉하도록 뒤집은 후 매운 맛 닭 소스를 넣은 다음 전자레인지로 가열하였을 때 열 변형 현상은 발견되지 않았다. 이를 통하여 RTE 식품류의 포장재 열 변형 현상은 PET 층의 내열성 수준에서는 방지할 수 있다고 판단되나, PET 층의 봉합 기술이 해결되어야 할 과제이다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 향후 포장재의 전자파 투과-반사능을 조절함으로써 포장 내 전자파의 hot spot의 발생과 과열 현상을 방지하는 기술을 개발하는데 연구 개발의 초점을 집중할 필요가 있다고 사료된다.

요 약

전자레인지 가열용 제품에서 마이크로파에 의한 불균일한 가열이 일어남에 따라 포장재의 특정 부위에 열 변형이 발생하여 전자레인지 포장 소재에 따른 가열조리 패턴을 조사하였다. 전자레인지 가열용 포장재의 내면으로 이용되는 CPP의 grade에 따른 인장강도, 내열성 및 신장률을 비교하

Table 4. Thermal deformation of stand-up pouches affixed with aluminium layer after microwave heating at 700 W for 2 min

Packaging method	After microwave heating	Degree of package deformation ¹⁾
Affixation of metalized layer onto a stand-up pouch above the filling line		5
Affixation of aluminium foil onto a stand-up pouch above the filling line		1
Reversed package (outside CPP/NY/PET/G-PET inside)		0

¹⁾0 (none), 1 (none to very slight), 2 (slight), 3 (moderate), 4 (extreme), 5 (very extreme).

였다. High retortable CPP는 일반 CPP 재질과 비교하여 강한 열 접착강도 및 내열 저항성을 가지고 있었다. 국외 및 국내 CPP 제품의 인장강도 및 신장율은 차이가 있지만 대부분 160°C 정도 수준의 내열성을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 하지만 소스의 높은 점도와 염분을 함유하는 hot spicy 제품에서는 전자파의 침투가 원활하지 못하여 전자레인지 조리 시 내용물의 균일한 가열이 어려워 국지적 또는 액위선 부위에 포장재의 열 변형이 관찰되었다. G-PET/PET/PET/PP와 G-PET/PET/NY/PP로 구성된 포장재를 레토르트 처리했을 때와 레토르트 후 전자레인지 가열 처리하였을 때 상태변화 및 합지강도에 대한 분석결과 합지강도의 차이는 없었으나 레토르트 처리 후 CPP 층의 변형이 관찰되었다. TiO₂가 포함된 유백 파우치와 투명 파우치의 열 변형 정도를 비교하였을 때는 TiO₂가 포함된 포장재의 열 변형이 더 심하였고, 알루미늄 호일을 부착한 후 전자레인지 가열하였을 때에는 액위선에서 열 변형이 발생되지 않았지만 바닥면에서 열 변형이 관찰되었다. 제품의 내면인 CPP 층의 개질/개선을 통한 내열안정성 확보 및 포장재의 전자파 투과-반사능을 조절하여 포장 내 전자파의 집중을 방지하는 등의 기술 도입 가능성의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 고부가가치식품기술개발사업(관리번호 113031-2)의 지원으로 연구되었으므로 감사드립니다.

참고문헌

1. Kerry, J.P. and Walsh, H. 2012. Packaging of ready-to-serve and retail-ready meat, poultry and seafood products. In: *Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging*, Kerry, J.P. (ed), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 406-436.
2. Brunner, T.A., van der Horst, K., and Siegrist, M. 2010. Convenience food products. Drivers for consumption. *Appetite* 55: 498-506.
3. Global Industry Analysts, Inc. 2013. *Microwave Packaging; A Global Strategic Business Report*. MCP-6591, pp. II-1-29, III-89-90.
4. Thostenson, E.T. and Chou, T.W. 1999. Microwave processing: fundamentals and applications. *Composites Part A. Appl. Sci. Manuf.* 30: 1055-1071.
5. Haque, K.E. 1999. Microwave energy for mineral treatment processes. *Int. J. Miner. Process.* 57: 1-24.
6. Decareau, R.V. 1985. Background of the development of microwave heating technology. In: *Microwaves in the Food Processing Industry*. Academic Press Inc., Ltd., London, UK, pp. 3-4.
7. Geedipalli, S.S.R., Rakesh, V., and Datta, A.K. 2007. Modeling the heating uniformity contributed by a rotating turntable in microwave ovens. *J. Food Eng.* 82: 359-368.
8. Lee, K.T. 2002. Microwave packaging technology. In: *Encyclopedia of Packaging Technology*, Lee M.H. et al. (eds.), Korea Society of Packaging Science and Technology, Seoul, Korea, pp. 1069-1082.
9. Schiffmann, R. 1997. *Microwave Technology; A Half-century of Progress*. http://www.foodproductdesign.com/articles/462/462_0597CS.html. Accessed 10. Sept. 2014.
10. Lee, D.S., Yam, K.L., and Piergiorganni, L. 2008. Microwaveable packaging. In: *Food Packaging Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 425-444.
11. Schiffmann, R.F. 2005. Packaging for microwave foods. In: *The Microwave Processing of Foods*. Schubert, H. and Regier, M. (eds.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 192-217.
12. Yoon, C.S., Hong, S.I., Cho, A.R., Lee, H.S., Park, H.Y., and Lee, K.T. 2015. Analysis of the causes of deformation of packaging materials for ready-to-eat foods after microwave heating. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 63-69.
13. Alin, J. 2012. Migration from plastic food packaging during microwave heating. *J. Agric. Food Chem.* 59: 5418-5427.