

즉석 섭취식품의 전자레인지 가열 시 포장재의 열 변형 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 Thermal Deformation Patterns of Packages Used for Ready-to-eat Food During Microwave Heating

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

¹Korea Branch Office, Fraunhofer Institute of Process Engineering and Packaging, Gangneung 210-340, Korea

²Packaging Center, CJ Cheiljedang Co., Ltd., Seoul 100-400, Korea

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

⁴Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

Abstract Thermal deformation of packaging materials was observed in some ready-to-eat food products for microwave use. Therefore, the deformation patterns depending on packaging types and shapes of 9 domestic and 11 foreign products after microwave heating were investigated. Among the domestic and foreign products, thermal deformations of packaging material were observed in 5 and 8 samples, respectively. Besides, thermal deformation occurred on the lid and cup body of tray filled with a spicy chicken sauce after having microwaved where previously no deformation had been observed with other food types. No consistent results of thermal deformation were obtained by the analysis of salinity, brix, pH and viscosity of RTE products for microwave heating. However, thermal deformations of packages were less found in the packages used for the RTE foods contained very high or low viscosity than those with medium viscosity. Furthermore, the degree of thermal deformations was dependent on the food composition and shape as well as package type. In order to prevent the thermal deformation of packaging materials, therefore, technological advances and further studies are required to develop the heat-resistant packaging system and to improve the non-uniformity during microwave heating of RTE foods.

Keywords Packaging, Thermal deformation, Microwave heating, RTE foods

서 론

현대 식생활 형태의 변화에 따라 점차 소비자들은 간편하고 편리하게 조리할 수 있는 식제품의 소비를 원하고 있는 추세이다. 이에 따라 다양한 형태의 제품이 시장에 유통되고

있는데, 그 중에서도 전자레인지를 이용하여 포장 채 신속하게 데우거나 조리할 수 있는 즉석섭취 또는 즉석조리(ready-to-eat; RTE or ready-to-cook; RTC) 식품류의 소비가 증가하는 추세이다¹⁾. 통계자료에 따르면 전 세계적으로 2013년 전자레인지용 식품류 중 냉동식품류가 53%로 가장 큰 비중을 차지하며, 전자레인지용 신선식품류들의 경우 2010년에서 2018년 동안 연평균 성장률은 약 12.1%로 예측되었다. 국가별 전자레인지 식품 시장을 보면 미국이 27.5%로 가장 높고, 그 다음으로 유럽이 24.9%였고 일본이 18.6%로 그 뒤를 이었다. 전 세계 시장 중 아시아 국가들에서의

*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

신장률이 유럽을 능가하여 연평균 약 11.4% 정도 성장할 것으로 예측되었다. 그리고 아시아 국가 도시들 중에서는 서울의 전자레인지의 보급률이 2012년 기준 95%로서 가장 높았던 것으로 조사되었다²⁾. 우리나라의 전자레인지용 포장재 시장은 2013년 기준 약 3억불이었는데 2018년까지 약 4.8억불로 연평균 약 9.7%씩 성장할 것으로 예측되고 있다. 또한 냉동식품의 비율이 가장 커서 2013년도에 이 용도의 포장재 시장이 약 56.3%를 차지하였는데 매년 약 13.1% 정도 성장할 것으로 예측되고 있다. 그 다음으로는 2013년 기준 신선식품과 상온저장 가능한 식품용 포장재 시장이 각각 17.2%와 14.0%를 차지하였는데, 매년 13.1%와 10.7%씩 증가할 것으로 예상되었다²⁾.

전자레인지에서 식품이 가열 조리되는 원리는 마그네트론이라는 초고주파 발진관에 의하여 전기에너지가 전자에너지로 바뀌는데, 이 때 식품 중 음전하와 양전하를 띄는 분자들이 전기의 방향이 바뀔 때마다 회전하며 그 과정에서 마찰열이 발생하는 것이다³⁾. 마이크로파는 전자 복사선의 형태로서 파장과 주파수에 의하여 특징지어진다. 마이크로파란 주파수 300 MHz에서 30 GHz 파장의 매우 짧은 영역의 마이크로파의 총칭이며, 그 중 전자레인지의 주파수는 일반적으로 공업용의 경우 미국에서는 915 MHz, 영국에서는 896 MHz가, 그리고 세계적으로는 2,450 MHz가 통용되고 있으며, 가정용은 2,450 MHz가 대부분 이용되고 있다. 출력은 공업용에서는 1,000 W 이상, 가정용에서는 주로 600~700 W 정도의 것을 사용하나 800 W 또는 1,000 W대의 고출력 제품이 사용되기도 한다³⁻⁵⁾.

전자레인지 가열의 장점은 식품을 신속하게 데우거나 냉동된 식품을 해동하여 조리할 수 있다는 점이나, 반면 전자파의 불균일한 가열로 인하여 국소적 과열 현상이 발생함에 따라 조리된 식품의 품질이 저하될 수 있다⁶⁻⁷⁾. 열이 대류나 복사에 의하여 외부로부터 전달되는 일반 오븐의 가열 방식과 달리 전자레인지 가열의 경우 전자파가 식품으로 침투하여 열이 발생하는 기작으로 인하여 식품 표면에서 크러스트(crust)와 갈변이 형성되지 못함에 따라 식미감이 저하될 수 있는 단점도 지적되고 있다⁸⁻⁹⁾. 이때 전자파가 식품으로 침투하여 가열을 일으키는 깊이는 식품의 종류와 성분 및 형태 등 다양한 요소에 의하여 영향을 받는다⁶⁾. 이와 같은 전자파의 불균일 현상은 식품의 내적요인들 뿐 아니라 전자레인지 캐비티(cavity)의 형태, 냉각 팬의 조건, 출력 수준, 테이블의 회전 여부, 식품의 위치와 높이 등 다양한 요소에 의하여 발생된다고 알려져 있다. 또한 포장재의 재질과 형태 등 포장시스템에 의하여도 전자파의 분포와 집중 현상이 영향을 받는다고 보고되었다⁷⁻¹³⁾.

최근 국내에서 유통 중인 전자레인지로 가열되는 식품에 사용된 포장재가 열 변형을 일으켜 일부 제품은 시장에서 철

시되는 등 문제점이 보고된 바 있다¹⁴⁾. 따라서 본 연구에서는 국내외에서 전자레인지로 가열 조리되는 다양한 식품류를 수거하여 포장재의 열 변형 패턴을 조사하였다. 이를 위하여 포장재의 분석과 가열 조건 및 포장형태에 따른 열 변형 패턴을 조사함으로써 그 원인 규명과 해결책을 제시하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

국내에서 유통 중인 전자레인지 가열용 시료로서 전복죽 등 8종을 수거하여 전자레인지 가열 후 열 변형 정도를 조사하였다. 한편 전자레인지 가열용 외국 시료로서 외국에서 유통되고 있는 Creamy Red Pepper with Smoked Gouda (Campbell, USA) 등 11종을 구입하거나 해외 시장에서 직접 구매한 후 포장재에 표기되어 있는 조리법에 따라 전자레인지로 가열한 다음 포장재의 열 변형 정도를 관찰하였다. 또한 전자레인지 가열에 의한 포장재 열 변형 정도를 파악하기 위한 공시시료로서 상법으로 제조된 매운 맛 닭 소스를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 전자레인지 가열

국내외에서 유통되고 있는 시료 및 트레이 타입 용기를 700 W 전자레인지(M-M270FP, LG Electronics Inc., Korea)와 출력을 조절할 수 있는 전자레인지(NN-S763WF, Panasonic, Japan)를 이용하여 가열한 후 열 변형 정도를 관찰하였다.

2) 포장재 분석

포장재 단면의 손상 정도를 확인하기 위하여 현미경(BX 50, Olympus, Japan)을 이용하였으며, 촬영된 사진의 편집을 위하여 solution lite(ver. 8.1, IMT i-Solution Inc., Canada) 프로그램을 사용하였다.

3) 당도 및 pH 측정

매운 닭 맛 소스(spicy chicken sauce)와 16종의 전자레인지용 RTE 식품 시료의 당도와 pH를 당도계(PAL-1, ATA-GO Co., Ltd., Japan)와 pH meter(S20, Mettler Toledo Co., Ltd., Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

4) 염도 측정

상기 3)의 시료 4 g을 증류수 40 g으로 희석한 후 염도계(TM-30D, Takemura Electric Works Ltd., Japan)로 측정하였다.

5) 점도 측정

상기 3)의 시료를 Brookfield viscometer(DV-II, Brookfield Eng., USA)를 이용하여 겔보기 점도값(cP)을 측정하

였다. 점도계의 스피들(Spindle)은 각 시료의 점도에 맞는 것을 사용하였으며, 스피들의 회전수는 20 rpm이었다.

Table 1. Package deformation of domestic ready-to-eat food products after microwave heating at 700 W for 2 min

Product name	Package type	Heating condition	Packaging composition	After microwave heating	
				Pictures	Degree of deformation ¹⁾
Abalone gruel	Stand-up pouch	700 W/ 2~3 min	G-PET/NY/PP		0
Hot spicy meat stew	Stand-up pouch	700 W/ 4~5 min	NY/PP		0
Kimchi and pork sauce	Stand-up pouch	700 W/ 2 min	G-PET/PET/PET/PP		2
Spicy chicken sauce	Stand-up pouch	700 W/ 2 min	G-PET/PET/PET/PP		5
Indian curry	Stand-up pouch	700 W/ 2 min	G-PET/PET/PET/PP		5
Spicy chicken I	Tray	700 W/ 1.5 min	Lid film G-PET/EVOH/ NY/EPL CPP		1
Spicy chicken II	Tray	700 W/ 1.5 min	Sealing layer CPP		0
Stir-fried sausages and vegetables	Tray	700 W/ 1.5 min	Lid film G-PET/EVOH/ NY/EPL CPP		1
Teriyaki chicken	Tray	700 W/ 1.5 min	Sealing layer CPP		0

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

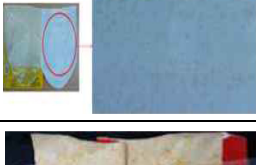
결과 및 고찰

1. 국내의 전자레인지 가열 제품에서의 열 변형 여부 조사

국내에 유통 중인 RTE식품 중 포장 재로 전자레인지에서

가열 조리 가능하다고 안내 표기가 되어 있는 제품들을 수집하여 재질 스펙과 가열 후 열 변형 여부를 조사하였다. Table 1과 2에서 보는 바와 같이 전자레인지 가열 조리 식품에 사용되는 플라스틱 포장재의 경우 대부분 PET, Nylon

Table 2. Package deformation of pouches used for foreign ready-to-eat food products after microwave heating at 700 W for 2 min

Product name	Pouch type	Composition of packaging materials	Heating condition	Deformation of packages	
				Pictures	Degree of deformation ¹⁾
Creamy red pepper with smoked gouda	Stand-up	Body PET/PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/PET/ CPP	700 W/ 2.5 min		1
Moroccan style chicken with chickpeas	Stand-up	Body PET/PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/PET/ CPP	700 W/ 2.5 min		2
Chicken & quinoa with poblano chilies	Stand-up	Body PET/PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/PET/ CPP	700 W/ 2.5 min		2
Golden lentil with madras curry	Stand-up	Body PET/PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/PET/ CPP	700 W/ 2.5 min		1
Jodhpur lentils	Stand-up	Body PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/NY/ CPP	700 W/ 1 min		2
Hormel chili	Stand-up	Body PET/NY/ CPP Bottom gusset PET/NY/ CPP	700 W/ 45 sec		0
Bon curry	3-side sealed	PET/PET/PET/ CPP (Vapor emission valve)	700 W/ 2.5 min		0
Beef curry	3-side sealed	PET/NY/ CPP (Vapor emission valve)	700 W /2.5 min		0

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

과 CPP 재질이 사용되었는데, 식품과 접촉하는 내면 재질에는 70 또는 100 μm 두께의 CPP가 주로 이용되었고, 포장재 외면 층에는 투명 증착 PET가 많이 사용되고 있는 것으로 확인되었다.

국내 제품의 전자레인지 조리 조건을 살펴본 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 700~1,000 W가 보편적이었으며, 해외 제품의 경우 Table 2에 제시된 바와 같이 500 W에서 1,000 W까지 다양하게 제시된 것으로 확인되었다. 국내 제품의 경우 전자레인지 조리 후 포장재에서 열 변형이 관찰된 제품은 김치제육덮밥, 홍닭, 매운 닭 소스, 인도 카레 및 소시지 야채 볶음 등이었다(Table 1).

해외 제품의 경우 포장재에서 열 변형이 발견된 제품은 Creamy red pepper with smokes gouda, Moroccan style chicken with chickpeas, Chicken & quinoa with polano chilies, Golden Intile with madras curry, Spicy chorizo & pulled chicken 등이었으며, Hormel chili같은 제품의 경우에는 포장재 박리 현상이 발견되었고, 용기 제품의 경우에서도 약간의 포장재 열 변형이 확인되었다(Table 2-3). 또한 Jodhpur lentils 제품에서는 포장재 한쪽 면에서 오렌지필 현상이 발견되었다. 이처럼 국내 제품뿐 아니라 해외에서 판매되고 있는 제품에서도 전자레인지 가열시 포장재의 열 변형이 발생된다는 사실을 확인할 수 있었다. 한편 포장재에서 열 변형을 나타낸 제품들의 경우 식품과 접촉하는 내면 포장재가 심하게 착색되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는

고추가루의 붉은 색소가 포장재 내로 흡착된 것에 기인하는 것으로 판단된다.

전자레인지 출력수에 따른 열 변형 정도를 비교한 결과 Table 4와 같다. 출력수가 높을수록 포장재의 열 변형이 심하게 발생하였는데, Table 2와 Table 4를 비교해보면 전자레인지 기종에 따라라도 열 변형 정도가 다른 것을 확인하였다. 전자레인지 가열 시 쿨링팬 구동조건과 열에너지 발생조건, 캐비티의 형태 및 크기에 따라 온도 편차가 발생한다고 보고되었다^{7,8)}.

Campanone와 Zaritzki¹⁵⁾에 따르면 제품의 모양에 따라 hot and cold point가 달라지는데, 원통형 제품에서 마이크로파는 표면과 가운데 부분의 온도가 가장 높은 불균일한 방사상의 형태로 분포하고, 벽돌 모양의 제품은 마이크로파가 코너에 집중된다고 알려져 있다. 포장재의 뾰족한 부분이나 모서리 부분에서는 전기장의 세기에 비례하여 전자파 에너지가 흡수되므로 국소적 과열 현상이 일어날 수 있다¹⁶⁾. 따라서 식품의 형태 및 성분을 고려하여 적절한 출력수와 가열시간의 설정이 필요할 것으로 사료된다.

전자레인지 가열시 식품의 온도 상승에 따라 포장재의 온도가 상승하게 되므로 포장재의 내열성이 중요하다. 전자레인지 포장재의 경우 투과, 흡수 및 반사체의 특성을 나타낼 수 있는데, 이에 따라 식품의 가열 특성이 달라진다¹⁶⁾. 합성수지 재질의 전자레인지 포장재로 사용되는 종류로는 PP, PET, PS, PC, NY, PMP와 PPO 등을 들 수 있다¹⁶⁾. 일반

Table 3. Package deformation of tray or cup used for foreign ready-to-eat food products after microwave heating at 700 W for 2 min

Product name	Pouch type	Composition of packaging materials	Heating condition	Deformation of packages	
				Degree of deformation ¹⁾	Pictures
Compleats	Tray/ Lid film	Tray: PP Lid film: PET/NY/PP	700 W/ 1.5 min	0	
Mini ravioli	Cup	PP	700 W/ 1.5 min	1	
Chicken & mini round noodles	Cup	PP	700 W/ 1.5 min	1	

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

Table 4. Package deformation of stand-up pouches used for foreign ready-to-eat food products after microwave heating depending on the power output levels

Product name	Composition of packaging materials	Deformation of packages		Deformation of packages	
		Degree of deformation ¹⁾	Pictures	Degree of deformation ¹⁾	Pictures
Creamy red pepper with smoked gouda	Body PET/PET/NY/CPP Bottom gusset PET/PET/CPP	1		1	
			750 W/2 min		1000 W/2 min
Spicy chorizo & pulled chicken	Body PET/PET/NY/CPP Bottom gusset PET/PET/CPP	1		2	
			625 W/2.5 min		1000 W/2 min
Chicken & quinoa with poblano chilies	Body PET/PET/NY/CPP Bottom gusset PET/PET/CPP	1		2	
			750 W/2 min		1000 W/2 min
Golden lentil with madras curry	Body PET/PET/NY/CPP Bottom gusset PET/PET/CPP	1		2	
			750 W/2 min		1000 W/2 min
Jodhpur lentils	Body PET/NY/CPP Bottom gusset PET/NY/CPP	1		1	
			625 W/1 min		1000 W/1 min
Hormel chili	Body PET/NY/CPP Bottom gusset PET/NY/CPP	1		2	
			625 W/45 sec		1000 W/45 sec

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

적으로 열 봉합되거나 마개로 밀폐된 용기 포장재는 수증기 기화가 제어되고 내부압력의 증가로 식품의 온도가 균일해지는 장점이 있다. 그러나 전자레인지 포장의 경우 수증기의 배출이 안 되면 과열될 우려가 있으므로 모서리 부분을 일정길이 자르거나 수증기 배출 장치를 장착시키기도 한다.

Yoon 등¹⁴⁾의 결과에서 보고되었듯이 점도가 높은 소스류와 같은 제품이 가열될 경우 전자파의 침투 깊이가 약 1

cm 미만으로 낮아 내용물 전체로의 열전달이 잘 일어나지 않고 표면에서의 에너지 집중 현상이 발생된다. 이 때 내용물이 포장재 내 헤드스페이스와 내면으로 비등하는데, 점도가 높기 때문에 포장내면에서 흘러내리지 않고 일부 부착되게 된다. 이 때 전자파가 포장재에 부착된 내용물을 가열하면 수분이 증발함에 따라 건조된 상태에서 더욱 전자파의 집중 현상이 심화된다. 이에 따라 포장재 내면의 온도는 CPP

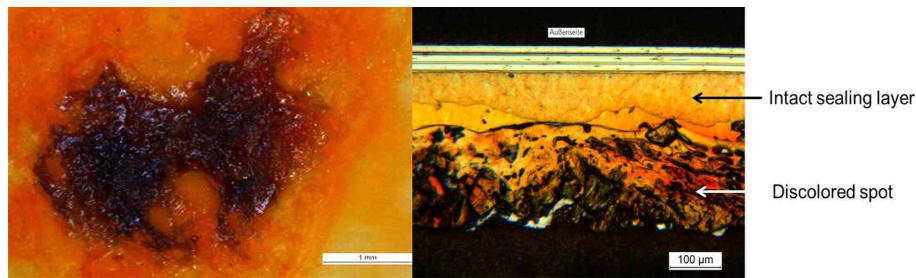


Fig. 1. Carbonization of food ingredients on the CPP layer after microwave heating (Left: surface, right: cross section).

층의 내열 온도인 약 140°C 수준보다 높은 약 200°C 까지도 상승하는 것으로 확인됨에 따라 부착된 내용물의 탄화 및 포장재의 열 변형 현상이 발생하는 것으로 추측된다. 또한 매운 소스류 제품은 높은 유전손실(dielectric loss)과 낮은 전자파 투과율을 갖는 것으로 확인되었다. 전자파 파장은 내용물의 부피가 클 경우 내부 깊숙이 침투하기가 어렵다. 침투 깊이 5 mm가 의미하는 바는 내용물 표면에서 내부까지 2/3 정도는 이미 내용물로 흡수되었고 나머지 1/3이 침투 경로 상에 남았다는 의미이다. 또한 10 mm까지 들어갔을 때는 약 1/9 정도의 전자파가 남아 있게 된다. 즉, 제품 내에서 열에너지의 투과 깊이가 얇은 것은 열 에너지의 투과가 어렵다는 것을 의미하므로, 제품 전체를 원하는 온도까지 높이기 위해서는 오랜 시간 또는 강한 에너지가 필요함을 의미한다. 이와 같은 상황에서 유전손실이 높은 것은 제품 자체에서 전자파가 열에너지로 전환이 잘 이루어지므로 과열되기 용이함을 의미한다. 따라서 제품의 열 전환 및 열전달을 고려하여 포장재의 깊이나 모양 등을 설계에 반

영할 필요가 있다고 사료된다.

전자레인지 포장재의 박리와 열손상은 식품성분과 포장재의 상호작용과 전자레인지 조리 시 발생하는 식품의 유동성 등에 의한 것으로 추정된다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 전자레인지 가열 후 심하게 손상된 포장재 부위를 관찰한 결과 표면은 식품이 가열 고화되어 포장재 겉면에 눌러 붙어 있는 상태였고, 색도 질은 자칫빛을 띄고 있었다. 현미경으로 포장재의 단면을 조사한 결과, 바깥층인 PET와 Nylon 층에는 열 변형 현상이 발생되지 않았으나 내면 열 불함층인 CPP층의 약 2/3 정도가 붉은 고춧가루 색으로 착색되고 열 손상을 받은 것으로 확인되었다. RTE 식품은 상온 보관을 위하여 일반적으로 레토르트 가열 살균되는데 이에 사용된 전자레인지용 파우치의 레토르트 및 전자레인지 가열 후 포장재의 열 변형을 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 포장재 시료는 레토르트 처리 후 이미 붉은 색으로 착색되었고 오렌지필 현상이 관찰되었다. 이와 같이 착색과 오렌지필 현상을 보인 포장재는 전자레인지 조리 후 더 심한 열 손상을

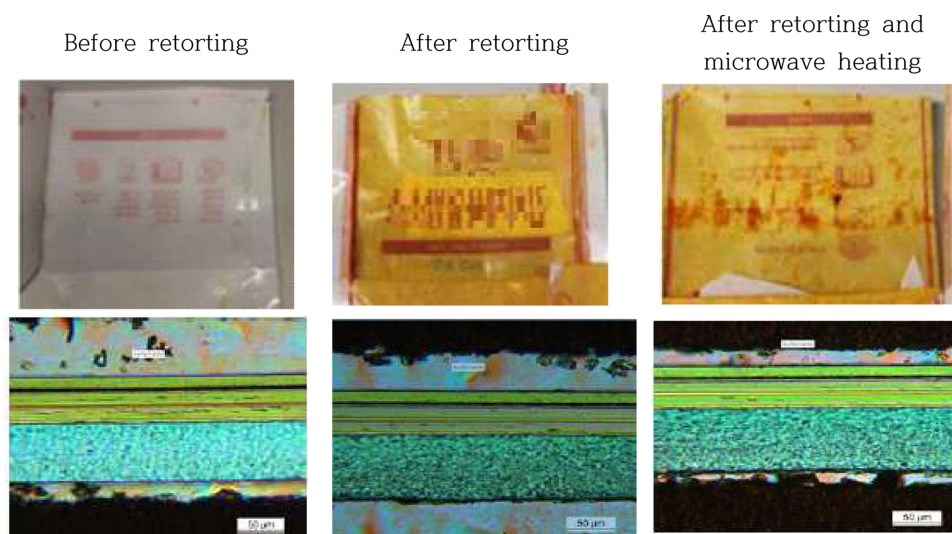


Fig. 2. Changes of packaging layers after retorting and microwave heating processes (Upper pictures: surface, lower pictures: cross section).

입은 것을 육안과 현미경 단층 촬영으로 확인할 수 있었다.

2. 트레이 타입 용기의 전자레인지 가열조리 패턴 분석

Table 1에서 보는 바와 같이 시중에서 트레이에 포장된 RTE형태의 전자레인지 가열용 소스 제품들을 수거하여 700 W에서 2분간 전자레인지로 가열한 결과 본 실험에 사용된 매운 닭 소스, 인도카레 및 김치제육덮밥 제품과 비교하여 포장재 열 변형 현상이 거의 발견되지 않았다. 또한 스탠딩 파우치에 포장된 해외 전자레인지용 소스 및 RTE 제품을 대상으로 동일한 실험을 한 결과, 일부 맵고 점도가 높은 제품 류들에서 약간의 포장재 열 변형 현상이 발견되었다. 따라서 본 실험에서는 매운 맛 닭 소스를 열 변형이 발견되지 않은 제품에 사용된 트레이들에 담아 동일한 조건으로 전자레인지로 가열하여 열 변형 여부를 조사하였다. 그 결과 Table 5

에서 보는 바와 같이 트레이의 열 변형은 없었지만 소스가 된 리드지에서 열 변형이 발생되었다(Table 5A, C, D). 시료 B의 경우에는 컵의 액위선 부분에서 미세한 열 변형이 발생되었다. 시료 C와 D의 기존 제품을 가열하였을 때에는 리드지에서 열 변형은 관찰되지 않았지만 매운 맛 닭 소스를 담고 가열하였을 때는 리드지에서 발생되었다. 동일한 포장재이지만 열 변형 발생여부가 제품의 종류에 따라 다른 것으로 보아 포장재의 열 변형은 포장재의 구성보다 포장된 식품 자체의 성분 조성 및 특성에 크게 기인하는 것으로 추측된다.

3. 소스 제품의 성분 조사

국내외에서 유통되고 있는 제품(Table 1, 2)의 염도, 당도, pH 및 점도를 측정된 결과는 다음 Table 6과 같다. 조사된 시료들의 염도는 0.592.93%, 당도는 4.6380.67%, pH는

Table 5. Packaging deformation of tray-type packaging samples filled with spicy chicken sauce and microwaved at 700 W for 2 min

Treatment	Composition of packaging materials	Degree of package deformation ¹⁾	Pictures
A	Lid NY/OPP/EVOH/EPL CPP Tray PP/EVOH/PP	5	
B	PP	1	
C	Sealing layer CPP	3	
D	PET/NY/OPP/R-CPP	4	

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

Table 6. Physicochemical characteristics of ready-to-eat products for microwave cooking

Products	Salinity (%)	°Brix (%)	pH	Viscosity (cP)
Abalone gruel	0.59±0.01	9.80±0.36	6.15±0.01	13,500±500
Hot spicy meat stew	1.29±0.08	4.63±0.06	5.65±0.01	5±1
Kimchi and pork sauce	1.58±0.02	17.8±0.71	4.68±0.06	5950±354
Spicy chicken sauce	2.93±0.39	23.67±1.50	5.08±0.04	16667±2858
Indian curry	1.64±0.02	18.7±0.28	4.77±0.01	6,250±354
Spicy chicken I	1.32±0.13	27.15±1.20	5.57±0.05	11,200±849
Spicy chicken II	1.43±0.03	80.67±6.66	4.86±0.01	3,567±351
Teriyaki chicken	1.73±0.10	30.47±0.83	5.57±0.02	5,400±721
Creamy red pepper with smoked gouda	1.66±0.54	8.63±0.81	4.53±0.02	1,867±153
Spicy chorizo & pulled chicken	1.19±0.01	10.20±0.26	5.33±0.01	4,733±115
Moroccan style chicken with chickpeas	1.35±0.01	11.83±0.47	4.98±0.01	2,533±115
Chicken & quinoa with poblano chilies	1.28±0.08	6.60±0.17	5.18±0.01	433±115
Golden lentil with madras curry	1.22±0.22	8.20±0.10	4.94±0.02	1167±58
Jodhpur lentils	1.13±0.03	7.70±0.20	6.02±0.03	5,800±200
Bon curry	1.35±0.03	11.53±0.15	5.13±0.01	7,833±513
Beef curry	1.71±0.01	14.97±0.47	5.03±0.03	7,000±100

4.686.15, 점도는 513,500 cP의 범위를 갖는 것으로 확인되었다. 열 변형이 일어나지 않은 시료는 전복죽, 육개장, 매운 닭 강정, 데리야끼 치킨과 카레 2종류였다.

조사된 시료 중 전복죽의 점도는 13,500 cP로 가장 높았고 육개장은 5 cP로 가장 낮았다. 전자의 경우 내용물의 점도가 극도로 높아 전자레인지로 가열 시 온도가 상승하더라도 유동성이 낮아 포장재로 튀기 어려웠던 반면, 후자의 경우 점도가 오히려 매우 낮아 내용물이 포장 내면에 튀어도 부착되지 않고 잘 흘러내려 열 변형이 발생하지 않은 것으로 생각된다. 매운 닭강정과 데리야끼 치킨은 미트볼 같이 육 덩어리에 소스가 첨가된 형태로 트레이에 포장된 제품이다. 이 시료의 경우 육 덩어리가 전자파의 흐름에 영향을 주어 과열 현상이 감소하였을 것으로 판단되었는데, 이와 관련하여 Datta¹⁷⁾는 분말이나 알갱이형 물질 같은 미립자형 물질들에서 특히 전자기장이 mass interacting(질량상호작용) 하게 된다고 보고한 바 있다. Bon curry와 Beef curry 시료에서도 포장재 열 변형이 관찰되지 않았는데, 이러한 제품에는 증기배출 밸브가 있는 포장재가 사용됨에 따라 이전에 언급한 바와 같이 전자레인지 가열 시 내부 압력의 증가로 포장재 내 식품의 온도가 균일해져 열 변형 발생 요인이 감소한 것으로 사료된다.

요 약

RTE(ready-to-eat)형 전자레인지 가열용 제품들의 가열 조리 시 특정 부위의 열 변형이 발생하여 전자레인지 포장재의 재질 및 형태별 가열 패턴을 조사하였다. 국내에서 유통

되고 있는 시료 9종 중 5개의 시료에서 열 변형이 발생되었고, 국외에서 유통되고 있는 시료 11종 중 8종에서 열 변형이 발생되었다. 국외 시료의 경우 국내 시료보다 열 변형 정도는 덜 하였지만 일부 발생하는 것을 확인하였다. 또한 트레이 타입 용기에 열 변형이 발생하는 소스를 담고 전자레인지로 가열하였을 때도 리드지 및 컵에서 열 변형이 관찰되었다. 국내외에서 유통되고 있는 전자레인지 가열용 제품의 염도, 당도, pH 및 점도를 측정된 결과 열 변형 발생 유무 및 정도에 따른 일정한 경향은 없었다. 하지만 극히 낮거나 높은 점도를 가진 시료에서 열 변형이 나타나지 않았고 내용물의 형태 및 포장재의 형태에 따라 열 변형의 차이가 있었다. 따라서 제품의 열 전환 및 열전달을 고려하여 포장재의 깊이 등 설계를 반영하여 포장 내 전자파의 집중을 방지하는 등의 기술 도입이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Kerry, J.P. and Wlsh, 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. Global Industry Analysts, Inc. 2013. *Microwave Packaging*;

- A Global Strategic Business Report. MCP-6591, pp. II-61-75.
3. Thostenson, E.T. and Chou, T.W. 1999. Microwave processing: fundamentals and applications. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 30: 1055-1071.
 4. 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.
 5. Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T. 2013. Microwave food processing-A review. *Food Res. Int.* 52: 243-261.
 6. Tang, J. 2005. Dielectric properties of foods. In: *The microwave processing of foods* Schubert H. and Regier M. (eds.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 22-38.
 7. Choi, Y.H. and Kim, D.K. 2010. Temperature distributions of inner microwave for various working conditions. *J. Korean Soc. Mar. Eng.* 34: 792-797.
 8. 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.
 9. Lobo, S. and Datta, A.K. 1998. Characterization of spatial non-uniformity in microwave reheating of high loss foods. *J. Microwave Power and Electromagnetic Energy* 33: 158-166.
 10. Ryyanen, S. 2002. Microwave heating uniformity of multi-component prepared foods. PhD Thesis. University of Helsinki, Helsinki, Finland.
 11. Sakai, N. and Wang, C. 2004. An analysis of temperature distribution in microwave heating of foods with non-uniform dielectric properties. *J. of Chemical Engineering of Japan* 37: 858-862.
 12. Koskineemi, C.B., Truong, V-D., Simunovic, J. and McFeeters, R.F. 2011. Improvement of heating uniformity in packaged acidified vegetables pasteurized with a 915 MHz continuous microwave system. *J. Food Eng.* 105: 149-160.
 13. James, S.J. 1993. Factors affecting the microwave heating of chilled foods. *Food Sci. Technol. Today* 7: 28-36.
 14. 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.
 15. Campaone, L.A. and Zaritzky, N.E. 2008. Mathematical analysis of microwave heating process. *J. of Food Engineering* 69: 359-368.
 16. 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.
 17. Datta, A.K. 2001. Handbook of microwave technology for food application. In: *Dielectric Properties of Food Materials and Electric Field Interactions*. Nelson, S.O. and Datta, A.K. (eds.), CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 72-78.

투고: 2015.07.14 / 심사완료: 2015.11.09 / 게재확정: 2015.12.07