

## Maltodextrin류의 표면도포에 의한 냉동전분의 Microwave 가열특성 개선

김은미<sup>†</sup> · 한혜경 · 김인호

한국식품연구원

### Improvement of Microwave Heating Properties of Frozen Starch by Spray of Surface Materials

Eun-Mi Kim<sup>†</sup>, Hye-Kyung Han and In-Ho Kim

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate the surface spraying effect of materials on the rheological properties of frozen starch with microwave heating. Microwave helps reduce cooking time by high temperature, but swiftly snatches moisture from foods such as frozen starches (buns and noodles etc) and makes surface of foods harder. Four types of maltodextrin materials have been prepared for different concentration solutions and sprayed on surface doughs of sheet type. Sprayed dough samples were quickly frozen at  $-70^{\circ}\text{C}$  and wrapped with polypropylene film. All the treated samples were kept at 0,  $-20$  and  $-50^{\circ}\text{C}$ , and then taken out periodically for measurement of the quality during storage. The quality attributes evaluated after heating with microwave energy include sensory quality retrogradation, texture, surface color and microstructure. The quality of frozen starches deteriorated with long term storage even at low temperatures of  $-20$  and  $-50^{\circ}\text{C}$ , and the spray materials were found to improve the textural and physical properties of frozen starches in the microwave heating. Particularly, maltodextrin with D.E value of 9~12 had the most desirable effects of quality improvement.

**Key words:** microwave, starch, spray, retrogradation

#### 서 론

우리나라에서 냉동가공식품은 1980년초부터 냉동만두류를 필두로 생산 판매하기 시작하면서 많은 냉동조리식품이 상품으로 나왔으며 최근 들어서는 국민식생활의 간편·편이 지향적인 추세에 따라 편의식품의 소비급증과 함께 지속적인 증가를 보이고 있다. 국내 냉동가공식품시장에서 가장 대표적인 품목군은 냉동만두제품으로 지난 2002년 약 1천 159억원에서 2003년 약 1천522억원대의 시장을 형성하여 냉동식품 전체 시장 중에서 약 35%를 차지하였다. 특히 만두류는 불경기에 성장하는 품목이긴 하지만, 한국인의 식습관에 가장 적합한 특징으로 원료 및 형태에 따라 다양한 제품의 구현이 가능하기 때문에 향후 지속적인 성장이 가능한 품목군으로 평가되고 있다. 만두제품이 기존의 교자만두에서 군만두, 철판군만두, 물만두, 포자만두, 손만두 등으로 제품이 고급·세분화되면서 조리법도 만두의 종류에 따라 다르지만 가장 빠르고 손쉽게 조리가 가능한 전자레인지(전자파)가 주요 열원으로 사용되고 있다(1).

전자레인지 가열조리는 식품에 투여되는 결과 속의 에너지량은 차이가 있으나 직접가열에 비해 상대적으로 우수한

동시가열성을 가지며, 열효율이 높아 조리시간이 짧고, 안정성이 높고, 여분의 열이나 연기가 없어 섭식용기를 그대로 활용할 수 있으며 직접가열에 비해 식품의 색, 형태변화가 심하지 않는 등 많은 장점을 가지고 있다. 반면에 전자레인지 가열조리에 의한 급격한 온도상승은 식품성분 중 전분의 전분-지방 복합체 형성(amylose-lipid complex), 겔화촉진, 결합수 등의 변화에 따른 경화 현상 등을 유발하여 일반 열전도에 의한 가열과는 다른 품질저하 문제점을 발생시킬 수 있다(2-7).

특히 전분성 식품은 장기간의 저장을 목적으로 냉동 후 저장 중에 식품의 표면수분증발에 의한 전분분자간의 노화를 유발하거나 유통과정 중 적정온도의 유지가 이뤄지지 않을 경우 전분의 점도증가로 전분분자간의 결합이 증가되어 노화현상이 발생하게 된다(8-10). 이러한 문제점을 근본적으로 감소시키기 위해 냉동전분 제조 시 분자가 크고 불균일한 타원형의 서류전분 등을 첨가하거나, 전분질 식품의 경화를 억제하는 유화제를 첨가, 전분사슬을 가수분해하여 전분분획들이 쉽게 결정화되는 것을 방지하는 효소를 이용하는 방법 등이 제시되고 있다(8).

본 실험은 기존의 전분성 냉동제품의 저장기간 중 발생하는 제품표면의 경화현상과 전자레인지 가열조리 후 식품표

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: kem@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9287, Fax: 82-31-780-9059

면의 수분 증발에 따른 마름현상 등과 같은 품질저하현상을 개선하고자 실시하였으며, 일차적으로 선정된 실험군을 대상으로 첨가소재별, 농도별로 전분의 표면도포에 의한 개선 효과를 검토하였다. 사용한 도포제로는 maltodextrin류 4종의 물질로 농도별로 용액을 제조한 다음 시트형태의 반죽물 표면에 도포하여 급속냉동(-70°C)한 다음, 포장(PP수지)처리하여 저장온도 및 저장기간에 따른 전자레인지 가열조리 후 노화특성, 물성변화, 경화현상, 미세구조 등의 개선효과를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용된 밀가루는 대한제분(주)의 1급품인 강력분, 중력분을 (주)삼양제넥스의 타피오카(tapioca; TA)전분을 구입하여 사용하였다. 도포제로 사용한 4종의 maltodextrin류(M1, M2, M3, M4; Grain processing Co. Ltd, USA)를 공시재료로 사용하였다.

### 표면 도포제 선별

도포제로 사용한 maltodextrin류 M1(D.E: 5), M2(D.E: 10), M3(D.E: 9~12), M4(D.E: 18) 등은 0, 3, 5, 7, 10% 각각 제조하였다. 아래 기본반죽물 제조공정과 동일하게 기본반죽물을 반죽→숙성→성형→증숙시킨 다음, 즉시 분무기(K-280 Komax산업)를 이용하여 반죽물 표면을 축축히 도포(1.25 mL/sheet)한 다음 -70°C로 급속 동결(DF8510 Ilshin Lab Co., Ltd) 후 polypropylene(PP)포장하여 -20°C에서 48시간 저장시켰다. 저장을 마친 시료는 전자레인지(M-M270TC LG전자) 가열처리한 다음 기호도 조사를 실시하였다. 본 실험의 전자레인지 조리조건으로 30초 동안 재가열 조리하였으며, 정격 소비전력은 1150 W, 정격 고주파출력은 750 W, 주파수는 2,450 MHz로 측정하였다.

### 반죽물의 제조 및 저장

일반 냉동 만두제조업체(S사, P사 등)의 일반적으로 활용되고 있는 국수 및 만두제품에 적용되는 반죽물의 제조공정을 실험실적으로 진행하였다. 반죽(Table 1)은 반죽기(K5SS Kitchen Aid, USA)를 이용하여 flat beater로 기초반죽 5분(control speed 1), dough hook으로 본반죽 30분(control

speed 2)을 마친 후 4°C 냉장(GC-114 FDMP, LG전자)에서 1시간 숙성시켰다. 숙성을 마친 반죽물은 sheet형태(50×50×1 mm)로 얇게 성형(A-RYUK Industry Co.)하고 3분 동안 찜기(HT-207 Hisen HAH TECH)를 이용하여 증숙시킨 후 -70°C로 급속 동결한 다음, PP포장하여 각각을 0, -20, -50°C에서 90일간 저장하였다.

### 기호도 검사

첨가 재료를 달리하여 제조, 성형하여 PP 포장처리한 냉동전분을 전자레인지(M-M270TC, LG전자)로 재가열조리한 후 10인의 패널을 통하여 9점 평점법으로 텍스처(texture), 외관(appearance), 색깔(color) 등에 대하여 관능검사를 실시하였다. 점수의 척도는 9점 평점법으로 수치가 클수록 텍스처, 외관, 색깔이 좋은 것으로 평가하였다(예; 9점 평점법 -9점: 매우 좋다, 5점: 보통이다, 1점: 매우 싫다). 본 실험의 전자레인지 가열조리 조건으로 30초 동안 재가열 조리하였으며, 정격 소비전력은 1150 W, 정격 고주파출력은 750 W, 주파수는 2,450 MHz로 측정하였다.

### 통계처리

실험결과와 통계처리는 window용 SAS 8.1 program을 사용하였으며, 분산분석(ANOVA: analysis of variance)과 Duncan의 다중범위검증법(DMRT; Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다.

### 저장조건에 따른 냉동전분의 색도측정

처리구에 따른 시료의 표면색도는 시료를 전자레인지로 재가열 조리 후, 색차계(CR-300 series, Sun Scientific Co. Ltd., Japan)를 사용하여, Hunter Scale에 따라 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 3회 반복 측정 후 평균값을 표시하였다.

### 냉동전분의 조직감변화

조직감 측정기(Sun Rheometer Compac 100, Sun Scientific Co., Ltd, Japan)를 사용하여 전자레인지 가열조리한 시료를 2단 압착시험(mastication test)으로 측정하였다. 이때 측정조건으로 test speed는 120 mm/min, load cell은 2 kg, adaptor type은 No.1 round, diameter는 20 mm, depth는 0.5 mm로 하였다.

시차주사열량계(differential scanning calorimetry)를 이용한 노화측정

전자레인지로 가열조리한 시료를 O-ring을 갖고 있는 stainless steel pan에 약 14 mg 담고 밀봉한 후 Shin(11)과 Donovan 등(12)의 방법에 따라 열시차주사열분석기(Perkin-Elmer DSC-4, USA)를 이용하여 40°C부터 150°C까지 10°C/min의 승온속도로 가열하여 조사하였다. 이때 얻어진 흡열 곡선으로부터 초기 온도( $T_0$ )와 종료 온도( $T_c$ ) 및 호화 엔탈피( $\Delta H$ )를 구하여 냉동전분의 노화특성을 조사하였다.

**Table 1. Composition of materials for base and mixing dough**

Composition	Base dough (%)	5% Tapioca dough (%)
Strong flour	248.15 g (49.63)	235.65 g (47.13)
Medium flour	248.15 g (49.63)	235.65 g (47.13)
Tapioca	-	25.00 g ( 5.00)
Salt	3.70 g ( 0.74)	3.70 g ( 0.74)
Total	500.00 g (100.0)	500.00 g (100.0)
Water	225.00 g (45.00)	225.00 g (45.00)

**Table 2. Sensory quality<sup>1)</sup> of microwave-heated frozen starches coated with maltodextrin solutions of each concentration**

Sensory quality	Coating agents <sup>2)</sup>	Concentration (%)				
		0	3	5	7	10
Appearance	Control	3.20±0.45 <sup>3)</sup>	-	-	-	-
	M1	3.20±0.45	3.00±0.71 <sup>a4)</sup>	5.10±1.91 <sup>a</sup>	3.80±1.05 <sup>b</sup>	4.90±1.45 <sup>a</sup>
	M2	3.20±0.45	4.40±0.55 <sup>a</sup>	4.70±1.06 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>ab</sup>	5.20±1.48 <sup>a</sup>
	M3	3.20±0.45	4.20±1.64 <sup>a</sup>	4.80±1.32 <sup>a</sup>	5.20±1.48 <sup>ab</sup>	5.30±0.67 <sup>a</sup>
	M4	3.20±0.45	4.00±0.71 <sup>a</sup>	5.10±1.79 <sup>a</sup>	5.80±0.84 <sup>a</sup>	5.20±1.40 <sup>a</sup>
Texture	Control	4.40±0.55	-	-	-	-
	M1	4.40±0.55	4.40±0.89 <sup>a</sup>	4.80±0.79 <sup>a</sup>	4.50±1.64 <sup>b</sup>	4.40±0.97 <sup>a</sup>
	M2	4.40±0.55	4.20±1.48 <sup>a</sup>	4.40±1.58 <sup>a</sup>	4.80±1.64 <sup>b</sup>	5.00±0.82 <sup>a</sup>
	M3	4.40±0.55	4.60±1.52 <sup>a</sup>	4.90±1.10 <sup>a</sup>	6.40±1.52 <sup>a</sup>	5.00±0.82 <sup>a</sup>
	M4	4.40±0.55	4.20±1.10 <sup>a</sup>	4.50±1.17 <sup>a</sup>	4.40±0.89 <sup>b</sup>	4.75±1.64 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Rating scale: 1 (very bad) to 9 (very good).

<sup>2)</sup>Control: non-coating, M1: maltodextrin D.E value 5, M2: maltodextrin D.E value 10, M3: maltodextrin D.E value 9~12, M4: maltodextrin D.E value 18.

<sup>3)</sup>Data were presented as mean±SD.

<sup>4)</sup>Means in a row with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

### 냉동전분의 미세구조관찰

30일간 저장된 시료를 전자레인지 재가열조리하여 동결 건조한 후, gold-polladium ionsputter(C1010 Hitachi, Japan)를 이용해 코팅한 후, scanning electron microwave(S2380N Hitachi, Japan)을 사용해 처리 후 각각의 반죽물의 표면 미세구조를 관찰하였다(13).

### 저장조건에 따른 냉동전분의 색택변화

각각의 저장온도에서 90일간의 저장기간 동안, 전분표면의 색깔 변화를 알아보기 위하여 색차계를 이용하여 색도를 L, a 및 b로 측정하여 Table 3에 나타내었다. L값(명도)은 일반적으로 5% TA가 첨가된 냉동전분이 control에 비해 약간

## 결과 및 고찰

### 도포제에 의한 품질개선효과

전분성 냉동식품의 저장 중에 발생하는 표면 수분증발 억제 효과를 보기 위해 기본반죽물 표면에 4종의 도포제를 도포하여 실시한 기호도 변화를 조사하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. Maltodextrin류 도포제는 외관에서 M1을 제외하고는 모든 처리구의 5, 7, 10%의 농도에서, 텍스처는 M3에서 유의적으로 기호도가 높은 것으로 나타났다. 10% M4는 외관상 양호하나 끈적임이 강하여 냉동전분끼리의 접착성(adhesive property)이 크고 조적이 약하여 잘 찢어지는 것으로 관찰되었다. 3, 5% M2는 같은 농도의 다른 도포제보다 표면 경화속도가 빠르게 진행되었으며, 표면이 거칠어지는 특징을 보였다. 도포제로 사용한 maltodextrin류 중 D.E(dextrose equivalent; D.E.)값이 9~12인 7% M3은 Table 2와 Fig. 1에서 보듯이 전자레인지 가열조리에 의한 표면손상을 적게 받아 식감 및 질감 등의 품질유지에 효과적이었으며, 냉동전분 말단부분의 경화속도 또한 다른 시료보다 천천히 이루어짐을 확인할 수 있었다. 일반적으로 D.E값이 작을수록 점도, 흡습성, 결정억제 작용에 좋으므로(14), M3의 경우에는 냉동전분 표면에 겔을 형성하여 겔의 흡습성, 점도에 영향을 주어 수분억제에 효과를 보였다고 사료된다. 특정물질을 도포하는 경우 전자레인지 가열조리특성이 개선되었고, 결과적으로 7% M3은 전자레인지 조리에 의한 표면 경화속도가 현저히 감소되고 식감과 질감이 효과적으로 개선되었다.

**Table 3. Hunter color values of frozen starches during storage**

Storage (day)	Temp. (°C)	Sample <sup>1)</sup>	Hunter color		
			L value	a value	b value
0	Room	Control	80.39 <sup>b2)</sup>	-2.71 <sup>b</sup>	15.50 <sup>a</sup>
		TN	81.07 <sup>a</sup>	-2.56 <sup>a</sup>	11.45 <sup>c</sup>
		TW	79.04 <sup>c</sup>	-2.57 <sup>a</sup>	12.28 <sup>c</sup>
		TM	78.92 <sup>c</sup>	-2.61 <sup>a</sup>	14.17 <sup>b</sup>
50	0	Control	77.57 <sup>b</sup>	-2.09 <sup>a</sup>	12.59 <sup>a</sup>
		TN	79.75 <sup>b</sup>	-2.66 <sup>bc</sup>	13.62 <sup>a</sup>
		TW	80.40 <sup>b</sup>	-2.72 <sup>c</sup>	13.19 <sup>a</sup>
		TM	81.65 <sup>a</sup>	-2.34 <sup>ab</sup>	12.45 <sup>a</sup>
	-20	Control	81.22 <sup>a</sup>	-2.31 <sup>a</sup>	12.36 <sup>b</sup>
		TN	80.40 <sup>ab</sup>	-3.16 <sup>b</sup>	14.67 <sup>ab</sup>
		TW	79.08 <sup>c</sup>	-3.13 <sup>b</sup>	13.47 <sup>ab</sup>
		TM	79.81 <sup>bc</sup>	-2.71 <sup>ab</sup>	11.87 <sup>b</sup>
-50	Control	78.44 <sup>a</sup>	-2.61 <sup>a</sup>	14.39 <sup>a</sup>	
	TN	79.09 <sup>a</sup>	-2.63 <sup>a</sup>	13.78 <sup>a</sup>	
	TW	77.53 <sup>a</sup>	-2.89 <sup>a</sup>	13.02 <sup>a</sup>	
	TM	78.38 <sup>a</sup>	-2.82 <sup>a</sup>	12.26 <sup>a</sup>	
90	0	Control	78.31 <sup>a</sup>	-2.08 <sup>ab</sup>	17.29 <sup>a</sup>
		TN	80.68 <sup>a</sup>	-2.55 <sup>b</sup>	17.47 <sup>b</sup>
		TW	76.64 <sup>a</sup>	-2.22 <sup>ab</sup>	16.10 <sup>b</sup>
		TM	75.24 <sup>a</sup>	-1.85 <sup>a</sup>	19.95 <sup>b</sup>
	-20	Control	80.42 <sup>c</sup>	-1.95 <sup>a</sup>	15.93 <sup>b</sup>
		TN	81.69 <sup>a</sup>	-2.02 <sup>a</sup>	16.07 <sup>b</sup>
		TW	81.08 <sup>b</sup>	-2.16 <sup>a</sup>	16.51 <sup>a</sup>
		TM	81.57 <sup>a</sup>	-2.59 <sup>b</sup>	15.30 <sup>b</sup>
	-50	Control	80.12 <sup>c</sup>	-2.73 <sup>ab</sup>	13.00 <sup>b</sup>
		TN	81.91 <sup>a</sup>	-2.39 <sup>a</sup>	11.67 <sup>b</sup>
		TW	80.56 <sup>bc</sup>	-3.09 <sup>b</sup>	16.75 <sup>a</sup>
		TM	80.91 <sup>b</sup>	-2.67 <sup>ab</sup>	15.24 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Control: wheat dough, TN: wheat dough containing 5% tapioca, TW: wheat dough containing 5% tapioca and sprayed surface with water, TM: wheat dough containing 5% tapioca and sprayed surface with 7% maltodextrin M3.

<sup>2)</sup>Means in a row with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 4. Textural properties of frozen starches during storage

Storage (day)	Temp. (°C)	Sample <sup>1)</sup>	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Adhesiveness (g)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
0	Room	Control	17651.37 <sup>a2)</sup>	-5 <sup>a</sup>	57.47 <sup>a</sup>	55.70 <sup>b</sup>	26.40 <sup>b</sup>	19.87 <sup>a</sup>
		TN	17088.89 <sup>b</sup>	-5 <sup>a</sup>	56.28 <sup>a</sup>	56.71 <sup>ab</sup>	26.21 <sup>b</sup>	18.82 <sup>a</sup>
		TW	17490.15 <sup>ab</sup>	-5 <sup>a</sup>	58.36 <sup>a</sup>	59.08 <sup>a</sup>	37.07 <sup>a</sup>	20.91 <sup>a</sup>
		TM	17675.24 <sup>a</sup>	-4 <sup>a</sup>	66.73 <sup>a</sup>	51.87 <sup>c</sup>	37.90 <sup>a</sup>	17.79 <sup>a</sup>
0	0	Control	26851.85 <sup>a</sup>	-8 <sup>a</sup>	-	67.82 <sup>a</sup>	31.55 <sup>a</sup>	36.54 <sup>a</sup>
		TN	21925.40 <sup>ab</sup>	-9 <sup>a</sup>	44.45 <sup>a</sup>	40.90 <sup>a</sup>	26.82 <sup>a</sup>	21.41 <sup>a</sup>
		TW	21847.19 <sup>ab</sup>	-8 <sup>a</sup>	33.44 <sup>b</sup>	48.14 <sup>a</sup>	24.65 <sup>ab</sup>	21.76 <sup>a</sup>
		TM	20341.44 <sup>b</sup>	-7 <sup>a</sup>	33.33 <sup>b</sup>	33.07 <sup>a</sup>	16.20 <sup>b</sup>	20.54 <sup>a</sup>
50	-20	Control	20138.89 <sup>a</sup>	-5 <sup>b</sup>	46.33 <sup>a</sup>	45.83 <sup>a</sup>	18.83 <sup>a</sup>	24.82 <sup>a</sup>
		TN	21525.56 <sup>a</sup>	-7 <sup>a</sup>	57.45 <sup>a</sup>	43.35 <sup>a</sup>	21.49 <sup>a</sup>	24.38 <sup>a</sup>
		TW	20845.04 <sup>a</sup>	-7 <sup>a</sup>	46.98 <sup>a</sup>	44.98 <sup>a</sup>	24.59 <sup>a</sup>	28.36 <sup>a</sup>
		TM	19907.41 <sup>a</sup>	-7 <sup>ab</sup>	45.14 <sup>a</sup>	54.99 <sup>a</sup>	19.26 <sup>a</sup>	17.69 <sup>a</sup>
	-50	Control	20789.73 <sup>a</sup>	-6 <sup>b</sup>	56.44 <sup>a</sup>	45.81 <sup>a</sup>	20.12 <sup>b</sup>	24.39 <sup>a</sup>
		TN	16203.70 <sup>b</sup>	-7 <sup>b</sup>	-	-	26.17 <sup>a</sup>	24.52 <sup>a</sup>
		TW	21130.95 <sup>a</sup>	-8 <sup>ab</sup>	-	40.11 <sup>a</sup>	19.64 <sup>b</sup>	21.17 <sup>ab</sup>
		TM	18113.43 <sup>ab</sup>	-9 <sup>a</sup>	58.18 <sup>a</sup>	42.33 <sup>a</sup>	17.27 <sup>c</sup>	18.86 <sup>b</sup>
0	Control	24574.07 <sup>a</sup>	-9 <sup>b</sup>	83.79 <sup>a</sup>	41.56 <sup>a</sup>	27.51 <sup>a</sup>	26.91 <sup>a</sup>	
	TN	23837.13 <sup>a</sup>	-10 <sup>ab</sup>	35.40 <sup>a</sup>	37.55 <sup>a</sup>	30.22 <sup>a</sup>	23.23 <sup>b</sup>	
	TW	21474.82 <sup>b</sup>	-11 <sup>ab</sup>	32.97 <sup>a</sup>	40.27 <sup>a</sup>	23.80 <sup>a</sup>	22.84 <sup>b</sup>	
	TM	20793.40 <sup>b</sup>	-12 <sup>a</sup>	36.83 <sup>a</sup>	38.02 <sup>a</sup>	23.67 <sup>a</sup>	19.93 <sup>b</sup>	
90	-20	Control	22630.72 <sup>a</sup>	-8 <sup>a</sup>	55.04 <sup>a</sup>	41.81 <sup>a</sup>	25.60 <sup>a</sup>	26.27 <sup>a</sup>
		TN	23750.00 <sup>a</sup>	-8 <sup>a</sup>	49.24 <sup>b</sup>	40.37 <sup>a</sup>	22.62 <sup>a</sup>	26.40 <sup>a</sup>
		TW	21291.67 <sup>b</sup>	-9 <sup>a</sup>	47.91 <sup>b</sup>	-	24.96 <sup>a</sup>	31.09 <sup>a</sup>
		TM	20731.67 <sup>b</sup>	-9 <sup>a</sup>	41.80 <sup>c</sup>	39.73 <sup>a</sup>	27.92 <sup>a</sup>	20.91 <sup>a</sup>
	-50	Control	19373.62 <sup>a</sup>	-11 <sup>a</sup>	47.15 <sup>a</sup>	41.49 <sup>b</sup>	18.30 <sup>c</sup>	23.25 <sup>a</sup>
		TN	19495.22 <sup>a</sup>	-12 <sup>ab</sup>	46.15 <sup>a</sup>	40.69 <sup>bc</sup>	21.63 <sup>a</sup>	22.91 <sup>a</sup>
		TW	19833.34 <sup>a</sup>	-14 <sup>c</sup>	46.33 <sup>a</sup>	40.54 <sup>c</sup>	19.55 <sup>b</sup>	22.43 <sup>a</sup>
		TM	18469.10 <sup>a</sup>	-13 <sup>ab</sup>	45.27 <sup>a</sup>	43.21 <sup>a</sup>	19.50 <sup>b</sup>	21.30 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 3.

<sup>2)</sup>Means in a row with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

밝은 색도를 나타냈고, 저장온도가 낮을수록 높아지고(밝아지고), 저장기간이 길어질수록 L값이 낮아지는 것으로 보아 색도는 저장온도 및 저장기간에 영향을 받는 것으로 나타났다. a값(적색도)은 저장온도 및 저장기간에 큰 영향을 받지 않았으나 b값(황색도)은 저장기간이 길어질수록 높은 값을 나타냈으며, 특히 0°C에서 다른 저장온도보다 높은 황색도를 나타내었다. L, a 및 b값은 PP포장에 따른 색도변화 속도가 서서히 진행된 것으로 보아 PP포장에 따른 효과를 확인할 수 있었다.

#### 냉동전분의 조직감변화

저장조건에 따른 냉동전분의 기계적 물성변화는 Table 4와 같다. TA 혼합첨가구(TN, TW, TM)는 무첨가·무처리 상태의 control보다 hardness, springiness, gumminess, brittleness, cohesiveness 등에서 대체적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다(p<0.05). TA 첨가구 중에서도 냉동전분 표면에 도포가 되지 않은 시료(TN)와 식용수가 도포된 시료(TW)보다도 7% M3가 도포된 시료(TM)의 hardness가 가장 낮았고 adhesiveness는 높은 것으로 나타났다. 이는 도포된 M3의 표면경화억제효과가 이들 물질의 도포로 인한 끈적임의 형성과 관련이 있는 것으로 추정되었다. 저장기간이 길어질수록 hardness와 adhesiveness는 증가하는 경향을 보였으며, 다른 특성들은 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 0°C에서 다른 저장온도보다 hardness 증가가 심화되었으며, gumminess와 brittleness도 함께 증가하였다. -20°C와 -50

Table 5. DSC thermal properties of frozen starches during storage

Storage (day)	Temp. (°C)	Sample <sup>1)</sup>	Endothermic peak			
			To	Tp	Tc	ΔH
0	Room	Control	77.49	83.86	90.62	0.67
		TN	74.35	83.63	91.01	0.51
		TW	77.00	84.16	90.86	0.40
		TM	78.61	84.30	91.86	0.51
50	0	Control	73.62	83.46	91.04	1.01
		TN	73.60	83.55	91.54	0.96
		TW	72.30	83.48	91.03	0.93
		TM	73.62	83.51	92.94	0.95
	-20	Control	73.32	83.49	91.03	1.09
		TN	74.28	83.67	91.40	0.51
		TW	74.62	84.75	91.54	0.44
		TM	74.32	83.62	91.54	0.35
-50	Control	73.63	83.58	91.52	0.55	
	TN	73.70	83.50	88.22	0.49	
	TW	77.61	83.69	91.54	0.44	
	TM	75.01	81.68	90.12	0.57	
90	0	Control	70.83	83.66	91.56	0.98
		TN	70.91	83.42	90.74	1.03
		TW	74.51	83.62	90.74	0.96
		TM	74.55	83.70	90.99	0.87
	-20	Control	74.11	83.04	90.99	0.68
		TN	74.50	83.62	89.33	0.51
		TW	74.20	83.70	91.03	0.40
		TM	74.21	84.56	91.53	0.51
-50	Control	74.49	83.60	91.02	0.66	
	TN	74.14	83.71	90.66	0.76	
	TW	73.62	83.55	91.05	0.75	
	TM	73.62	83.55	91.05	0.75	

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 3.

°C에서 저장된 냉동전분의 hardness는 증가하였지만 그 속도는 서서히 이루어졌으며, springiness도 서서히 감소하였다. 0°C보다는 -20°C와 -50°C 저장 온도에서 냉동전분의 경화현상이 서서히 일어난다는 것을 확인할 수 있었다. 0°C에서의 hardness 증가는 냉동전분 표면의 수분이탈에 의한 전분수축현상(Fig. 1)인 것으로 생각되었다.

#### 시차주사열량계를 이용한 노화측정

저장온도 및 저장기간에 따른 냉동전분의 전자레인지 가열조리 후 발생하는 노화현상을 시차주사열량계(differential scanning calorimeter; DSC)를 이용하여 흡열곡선상의 엔탈피변화를 측정하였으며 그 결과는 Table 5와 같다. 열전위 변화는 저장기간이 길어질수록 호화개시온도( $T_0$ )는 낮은 쪽으로 이동하고 엔탈피는 점차적으로 증가하였다. 이것은 전분 내 수분의 감소에 따른 전분과 전분사이의 수소결

합이 진행되어 무정형의 호화전분입자가 결정형으로 되돌아가기 때문으로 볼 수 있다. Hyun 등(15)은 쌀전분의 저장기간에 따른 노화도를 DSC로 측정한 결과에서도 저장기간이 길어질수록 엔탈피와 peak 면적이 증가하는 것을 볼 수 있었으며,  $T_0$  또한 낮은 쪽으로 이동한다고 보고하였다. 본 실험에서도 DSC로 측정한 결과 저장기간이 길어질수록 peak의 면적도 함께 증가하는 것이 관찰되었으며, 이는 전분 가열 직후에 시작된 수소결합의 생성이 더욱 진행된 것으로 생각되었다. 0°C 저장온도에서 저장기간이 길어질수록 다른 온도에 비해 빠르게 노화가 진행되었다. 같은 온도상에서는 Control보다 TA 혼합첨가구의 노화억제효과를 확인할 수 있었으며, TA 혼합첨가구 중에서도 7% M3이 도포된 시료(TM)의 흡열엔탈피( $\Delta H$ )값이 낮은 것으로 보아 노화억제에 효과적임을 알 수 있었다.

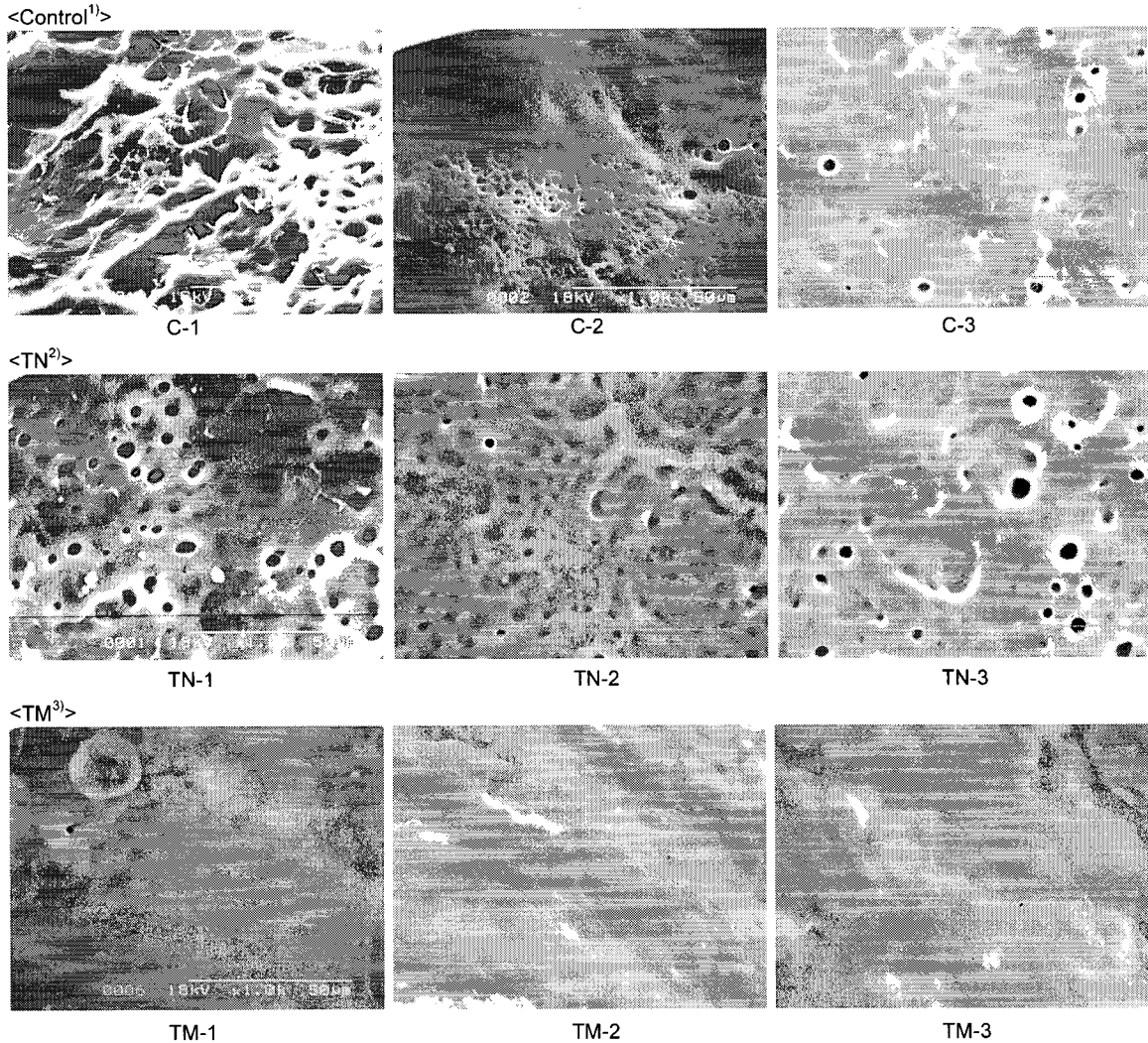


Fig. 1. Scanning electron micrograph (SEM) of frozen starches prepared with various treatment conditions and stored for 30 days at different temperatures.

<sup>1</sup>)Base dough. <sup>2</sup>)5% TA mixing dough and non-sprayed. <sup>3</sup>)5% TA mixing dough and sprayed surface with 7% M3. Number of 1, 2 and 3 in sample notation represents the storage temperatures of 0, -20 and -50°C. 18 KV,  $\times 1.0$  K.

### 미세구조관찰

주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM)을 이용하여 30일 동안 저장된 처리시료들의 미세구조를 비교하여 Fig. 1과 같이 나타내었다. 일차 호화된 시료들은 30일 간의 냉동 저장기간을 거쳐 전자레인지에 의해 재호화(restoration)된 시료로서 냉동전분의 미세구조는 시료 처리조건과 저장온도에 따라 다르게 나타났다. 특히 control 표면 미세구조가 부드럽지 못하고 조직이 거칠었으며, 기공이 심화된 다공성 구조를 형성하였다. TN처리구의 다공구조는 균일하게 나타났으며, TM처리구는 매끄럽고 부드러운 표면구조가 나타났다. 즉 TA 혼합반죽물이 전자레인지에 대한 손상을 덜 받는 것으로 생각되었다. Kum 등(16)은 전자레인지 조리에 의해 내부에 존재하는 수분이 외부로 확산되는 것보다 내부 수분이 빠르게 팽창함으로써 기공이 형성된다고 보고하였다. 따라서 같은 이유로 표면의 수분이 감소하면서 표면의 구조가 치밀해져 냉동전분 내부의 수분이 조직 안에서 팽창하여 기공이 형성되는 것으로 생각되었다. 도포에 의한 수분증발 억제효과는 저장온도와 상관없이 control보다 특히 7% M3이 도포된 TM처리구에서 표면기공의 분포가 훨씬 적게 나타난 것으로 조사된 것으로 보아 전자레인지 가열조리에 대한 손상을 가장 완화시키는 것으로 확인하였다. 냉동전분의 표면 미세구조로 TA전분 첨가에 대한 효과와 7% M3의 도포효과를 확인할 수 있었다. 또한 저장 온도별 처리구에서는 온도가 낮아질수록 냉동전분 표면손상이 적은 것으로 보아 0°C보다는 -20, -50°C에서의 수분증발 억제효과 및 노화억제효과가 더 좋은 것으로 생각되었다.

### 요 약

전자레인지를 이용한 조리는 간편 조작 및 조리시간 단축 등의 장점이 있으나, 전자파에 의한 급격한 온도상승으로 식품, 특히 전분성 냉동식품 등의 표면에 급격한 수분증발을 유도하여 식품의 식감저하 및 품질저하 등의 문제점을 발생시킨다. 이를 개선하고자 4종의 도포제를 전분표면에 도포하여 저장 및 전자레인지 가열에 의한 수분을 억제효과를 검토하였다. 조건별로 제조된 시료들을 저장조건 즉 저장온도별(0, -20, -50°C), 저장기간(90일)을 달리하여 조사하였다. 실험시료의 물성측정 결과 0, -20°C에서 저장기간이 길어질수록 hardness, brittleness, cohesiveness 등이 증가되었고, tapioca(TA) 혼합첨가구의 hardness, springiness, gumminess, brittleness, cohesiveness 등이 기본반죽물(Control)보다 낮은 것으로 조사되었다. TA 혼합첨가구 중에서도 7% M3를 도포한 시료(TM)의 물성이 가장 좋은 것으로 조사되어 TA첨가 및 7% M3 도포가 전자레인지 가열조리에 의한 품질저하방지에 효과적임을 알 수 있었다. 열전위변화는 저장기간이 길어질수록 호화개시온도( $T_0$ )는 낮은

쪽으로 이동하고, 엔탈피는 점차적으로 증가하는 경향을 보였으며, endothermic peak의 면적도 함께 증가하였다. 또한 다른 시료들에 비해 TM의 흡열엔탈피( $\Delta H$ )가 낮은 것으로 보아 7% M3의 도포가 표면의 품질저하방지(경화억제)에 효과적임을 알 수 있었으며 SEM을 이용한 미세구조관찰 시에도 이를 확인할 수 있었다. 저장된 냉동전분들의 물성 및 노화정도를 측정한 결과 control보다는 도포제가 도포가 되지 않은 TN과 TM의 효과가 더 좋았으며, 그 중 7% M3가 도포된 TM이 전자레인지 가열조리에 따른 품질개선에 가장 효과적인 것으로 조사되었다.

### 문 헌

- Jeong KW. 2004. Market trends of frozen food. In *The monthly food world*. Korea Food Information Institute. Vol 5, p 45-50.
- IFT. 1989. Microwave food processing. *Food Technol* 43: 119-121.
- Giese J. 1992. Advances in microwave food processing. *Food Technol* 46: 118-121.
- Schiffmann RF. 1987. Microwave and dielectronic drying. In *Handbook of Industrial Drying*. Mujumdar AS, ed. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA. p 340-342.
- Son JC. 2002. Utilization cook machinery tools for globalization of traditional food (2). *Korean J Soc Food Cookery Sci* 3: 405-413.
- Sanchez I, Banga JR, Alonso AA. 2000. Temperature control in microwave combination ovens. *J Food Engineering* 46: 21-22.
- Oliveira ME, Franca AS. 2002. Microwave heating of foodstuffs. *J Food Engineering* 53: 347-348.
- Lee HY, Lee CH, Lee SH. 1993. A study on improvement of storage stability for traditional rice cakes and its commercialization. Report of Korea Food Research Institute. p 16-17.
- Ahmad SS, Morgan MT, Okos MR. 2001. Effects of microwave on the drying, checking and mechanical strength of baked biscuits. *J Food Engineering* 50: 63-64.
- Jeong JW, Jo JH, Kim YD, Kwon DJ, Kim YS. 1991. Effect of freeze storage temperature on the storage stability of frozen mandu. *Korean J Food Sci Technol* 23: 527-531.
- Shin MS. 1991. Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *Korean J Food Sci Technol* 23: 116-121.
- Donovan JW, Lorenz K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem* 60: 381-387.
- Song E, Shin MS, Hong YH. 1987. Physicochemical properties of sweet potato starch by heat-moisture treatment. *J Korea Agric Chem Soc* 30: 242-249.
- Song JC, Park HJ, Shin HC. 1998. *The newest foodscience: Carbohydrate*. 2nd ed. Kyomunsa, Seoul. p 22.
- Hyun CK, Park KH, Kim YB, Yoon IH. 1988. Differential scanning calorimetry of rice starch. *Korean J Food Sci Technol* 20: 331-337.
- Kum JS, Park KJ, Lee CH, Kim YH. 1999. Changes in saponin composition and microstructure of ginseng by microwave vacuum drying. *Korean J Food Sci Technol* 31: 427-432.