

## 산화 셀룰로오스를 첨가한 레이어 케이크의 이화학적 및 관능적 특성

서동순 · 장판식\* · 김광옥

이화여자대학교 식품영양학과, \*서울산업대학교 식품공학과

### Physicochemical and Sensory Characteristics of Layer Cake Containing Selectively Oxidized Cellulose

Dong Soon Suh, Pahn Shick Chang\* and Kwang-Ok Kim

Department of Foods and Nutrition, Ewha Womans University

\*Department of Food Science and Technology, Seoul National Polytechnic University

This study was conducted to examine the effect of oxidized cellulose that had been selectively oxidized with TEMPO(2, 2, 6, 6-tetramethyl-1-piperidine oxoammonium ion), NaBr and NaOCl substituting for 10% of the wheat flour in a yellow layer cake formula. Physicochemical and sensory characteristics of a cake containing oxidized cellulose were compared with a control cake and a cake containing non-oxidized cellulose(CNC). The cake sample with oxidized cellulose(COC) had smaller L and a values and greater b value than the control, with a greater cake volume. Results of sensory evaluation showed that grittiness of COC was about the same as that of the control, but weaker than that of CNC, and COC was more moist and less hard than the control. These observations indicated the possibility that the oxidized cellulose could be used as a dietary fiber in a cake without causing detrimental effect on textural characteristics.

**Key words :** oxidized cellulose, cake characteristics, TEMPO

### 서 론

식이 섬유는 인간의 소화효소에 의해 소화되지 않는 난소화성 다당류로, 식이 섬유의 생리적 기능성과 물리적 특성은 구성 성분의 구조에 의하여 결정된다. 최근 식이 섬유의 섭취가 뇌혈관 질환, 심장병 및 고혈압과 같은 만성 동맥성 심장 질환과 대장암, 당뇨병 및 비만 등과 같은 질병을 예방할 수 있다고 알려지면서<sup>(1)</sup>, 식이 섬유를 빵, 케이크 및 쿠키 등과 같은 식품에 첨가하여 섭취량을 증가시키려는 노력이 이루어져왔다<sup>(2-6)</sup>. 그러나 용해도가 낮은 식이 섬유가 식품에 첨가되면 물리 화학적 성질이 변화되어, 부피 감소, 텍스처 변화 및 이취 등과 같은 품질의 저하가 일어나므로 사용량이 제한되고 있다<sup>(5,6)</sup>. 따라서 용해도와 같은 기능성을 향상시키고자 식이 섬유의 물리적 및 화학적 변성에 대한 연구가 이루어졌으며<sup>(7)</sup>, 이에 따라 carboxymethyl cellulose(CMC), hydroxypropyl cellulose 및 methyl cellulose 등과 같은 셀룰로오스 유도체들이 식품 산업에서 널리 이용되고 있다.

NaOCl이나 NaBr 등과 같은 산화제는 전분이나 셀룰로오스와 같은 다당류 내 알코올기를 카르복실기나 카르보닐기로 산화시켜 이들의 기능성을 향상시키기 위하여 사용되어 왔다<sup>(8)</sup>. 그러나 이것들을 사용하여 다당류를 산화시킬 경우, 1차와 2차 알코올기에서 모두 산화가 일어나  $\alpha$ 나  $\beta$ -1, 4 glycosodic bond가 가수분해되어 분자량이 감소하고 산화 정도가 낮고 산화 반응물이 균일하지 못하며<sup>(8-12)</sup>, 산화 과정에서 카르복실기뿐만 아니라 알데하이드나 케톤기가 형성되어 산화 전분이나 셀룰로오스의 저장시 색이 노랗게 변하는 등 많은 문제점이 제기되어 왔다<sup>(9)</sup>.

최근에 TEMPO(2, 2, 6, 6-tetramethyl-1-piperidine oxoammonium ion)와 NaBr 및 NaOCl을 동시에 사용하여 셀룰로오스 내의 1차 alcohol기만을 선택적으로 산화시키는 방법에 대한 연구가 이루어져, 이를 이용하여 micro-crystalline cellulose, CMC 및  $\alpha$ -cellulose를 산화시킨 경우, 1차 알코올기에 대한 산화율이 84~90% 정도이며, 산화 셀룰로오스는 물에 대한 용해도가 증가되고  $Ca^{2+}$ 과 gel을 형성하여, 앞으로 새로운 기능성을 가진 식품 소재로서 사용될 가능성이 있다고 보고되었다<sup>(10,11)</sup>. 따라서 본 실험에서는 TEMPO, NaBr 및 NaOCl을 동시에 사용하여 1차 알코올기만을 선택적으로 산화시킨 셀룰로오스를 케이크 제조시에 사용하고 반죽 및 케이크의 이화학적 및 관능적 특성을 평가하여, 산화 셀룰로오스가 케이크와 같은 식품에서 식이섬유의 소재로 사용될 수

Corresponding author : Kwang-Ok Kim, Department of Foods and Nutrition, Ewha Womans University, Daehyun-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-750, Korea  
Tel : 82-2-3277-3095  
Fax : 82-2-3277-3095  
E-mail : kokim@mm.ewha.ac.kr

있는 가능성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 셀룰로오스( $\alpha$ -cellulose)는 International Filler Co.(Temes, Belgium)의 제품이었다. 셀룰로오스를 특이적으로 산화시키기 위하여 사용된 시약인 TEMPO, NaBr 및 NaOCl 용액은 각각 Aldrich Chemical Co.(Milwaukee, WI, USA)와 Yakuri Pure Chemicals Co.(Osaka, Japan) 및 Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였다. 그 외 사용된 시약은 모두 특급 제품이었다.

### 산화 셀룰로오스의 제조

산화 셀룰로오스는 서등<sup>(12)</sup>의 방법을 사용하여 제조하였다 즉, 셀룰로오스 24.3 g(150 mM anhydro glucose unit, w/v, dry weight basis)을 증류수 1,500 mL에 분산시켜 현탁액을 제조한 후, 25°C에서 자석식 교반기를 이용하여 교반하면서, 0.45 mM의 TEMPO와 75 mM의 NaBr 및 330 mM의 NaOCl을 동시에 첨가하였다. 반응액의 pH를 4 M HCl을 이용하여 10.8로 조정한 후 산화 반응을 시작하였다. 산화 반응이 일어나면서 감소되는 pH를 계속 10.8로 유지하기 위하여 첨가한 3 N NaOH 50 ml가 모두 소비되었을 때, 30 mL의 ethanol을 첨가하여 반응을 종결시키고 4 M HCl로 반응액의 pH를 7.0으로 중화시켰다. 종결된 반응액에 이것의 3배(4.5 L)가 되는 ethanol을 첨가하여 산화 셀룰로오스를 세척하고, 감압 여과로 회수하는 과정을 4회 반복하였다. 이렇게 얻어

진 산화 전분을 50°C의 진공오븐에서 24시간 건조시킨 후, 40 mesh 표준망체를 통과시켜 밀폐 용기에 보관하면서 향후 실험에 사용하였다.

### 산화 셀룰로오스가 함유된 케이크의 제조

케이크에 산화 셀룰로오스를 첨가했을 때의 효과를 관찰하기 위하여, 산화 셀룰로오스를 밀가루 무게에 대하여 10% 대체한 yellow layer 케이크를 제조하였다. 또한 산화 셀룰로오스의 대체 효과를 비교하기 위하여, 산화 셀룰로오스를 첨가하지 않은 케이크(이하 대조군으로 칭함)와 산화시키지 않은 원료 셀룰로오스를 10% 첨가한 케이크를 제조하였다. 기본 재료 및 반죽 제조방법은 Charley<sup>(13)</sup>의 방법을 일부 변형하여 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 혼합(mixing)이 끝나면 원형 케이크 팬(직경 17.8 cm, 높이 4.3 cm)에 반죽을 425 g씩 담은 후, 180°C로 예열한 전기 오븐(Daeyung Machinery Co., FDO-7102, Seoul, Korea)에 넣고 35분 동안 구웠다. 구운 케이크를 실온에서 2시간 식힌 후 폴리비닐 백에 넣어 평가될 때까지 실온에서 보관하였다.

### 케이크 반죽 특성 평가

케이크 반죽의 특성으로는 비중, 점도 및 pH를 측정하였다. 반죽의 비중은 재료의 혼합 후 즉시 비중 컵을 이용하여 측정하고 다음의 식으로 계산하였다<sup>(14)</sup>.

$$\text{비 중} = \frac{\text{시료가 담긴 컵의 무게} - \text{빈컵의 무게}}{\text{물이 담긴 컵의 무게} - \text{빈컵의 무게}}$$

Table 1. Formula for yellow layer cake

Ingredients	Weight g (%) <sup>1)</sup>	Sources
Cake flour	130 (100)	Cheil Jedang Inc., Inchun, Korea
Sugar	130 (100)	Cheil Jedang Inc., Inchun, Korea
Shortening	65 (50)	Crisco, Procter & Gamble, Cincinnati, USA
Egg (fresh)	71.5 (55)	Local store
Baking powder	3.9 (3)	Calumet, Kraft General Foods Inc., White Plains, NY, USA
Salt	2.6 (2)	Youngjin Foods Inc., Seoul, Korea
Skim milk powder	8.5 (6.5)	Seoul Dairy Co., Seoul, Korea
Distilled water	76.1 (58.5)	

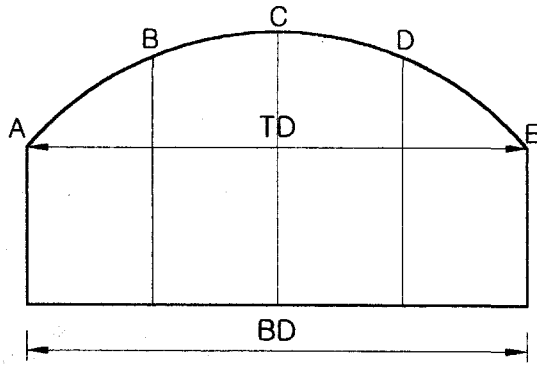
<sup>1)</sup>Based on flour weight

Table 2. Preparation procedure for yellow layer cake

Mixing steps	Speed setting <sup>1)</sup>	Time(sec)
1. Cream shortening	8	20
2. Add sugar(1/2 portion at a time) and cream	8	15
3. Continue creaming	6	15
4. Add egg and cream	6	15
5. Continue creaming	6	15
6. Add sifted mixture of flour, salt and baking power, and skim milk containing cellulose or oxidized cellulose <sup>2)</sup> and blend	2	20
7. Continue blending	2	20
8. Continue blending	2	30

<sup>1)</sup>Kitchen-Aid mixer(K5SS/KSM5, St. Joseph, ML, USA)

<sup>2)</sup>Cellulose or oxidized cellulose was dispersed in skim milk in advance



**Fig. 1. Measurements taken for the calculation of total volume, symmetry, and uniformity index**  
 TD; Top diameter, BD; Bottom diameter

반죽의 점도는 line spread test<sup>(15)</sup> 방법으로 측정하였으며, 반죽을 실온에서 10분간 방치한 후 네 방향으로 퍼진 길이를 측정하여, 평균 값으로 나타내었다. pH는 반죽 25 g에 증류수 15 mL를 넣고 충분히 교반시킨 후 pH meter를 사용하여 측정하였다<sup>(3)</sup>.

**케이크의 이화학적 특성 평가**

케이크의 총 부피 지수(total volume index), 대칭성(symmetry)과 균일성(uniformity) 지수는 Bath 등<sup>(14)</sup>의 방법으로 측정하였다. 즉, 케이크의 중심부를 수직으로 절단한 후 보이는 crumb 부위의 양쪽 끝단에 A와 E선을, 중심에 C선을, A와 C사이에 B선을, C와 E선 사이에 D선을 표시하여 높이(cm)를 측정하고, 케이크의 상부 직경(top diameter, TD)과 하부 직경(bottom diameter, BD)을 측정한 후(Fig. 1), 아래와 같은 공식으로 케이크의 총 부피, 대칭성 및 균일성 지수를 계산하였다.

Total volume index =  $BD + TD + A + B + C + D + E$   
 Symmetry index =  $2C - B - D$   
 Uniformity index =  $B - D$

케이크 crumb의 pH는 crumb 20 g에 증류수 40 mL를 넣고 잘 교반한 후 측정하였다<sup>(3)</sup>. 또한 케이크 crumb의 색도는 색도계(CQ II/UNI-1200-2, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA)를 이용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도) 값을 측정하였다.

**케이크의 관능적 특성 평가**

**시료 준비 및 제시:** 케이크의 텍스처 특성을 평가하기 위하여 실온에서 6시간 방치한 케이크를 2.5×2.5×2 cm<sup>3</sup>의 크기로 자르고, 각 처리 시료 당 2개씩 파이렉스 용기에 담아 폴리비닐 랩을 씌워 관능검사원에게 제시하였다. 각 시료의 용기에는 난수표에서 선택한 세 자리 숫자를 기입하였으며, 평가 사이사이에 입을 헹글 수 있도록 정수기(Doulton®, London, UK)를 통과시킨 물을 함께 제시하였다. 외관 특성을 평가하기 위한 시료는 케이크의 가운데 부위를 0.7 cm의 두께로 자른 후 흰색 종이 위에 제시하였다.

**Table 3. Physicochemical properties<sup>1)</sup> of yellow layer cake batters containing oxidized cellulose and cellulose**

Batter <sup>2)</sup>	pH	Specific gravity	Line spread(cm)
CONB	6.95 <sup>ab</sup>	1.023 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>
COCB	6.99 <sup>a</sup>	1.023 <sup>a</sup>	10.7 <sup>b</sup>
CNCB	6.90 <sup>b</sup>	1.025 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>N=4; Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different (p<0.05, Tukey test)  
<sup>2)</sup>CONB, COCB and CNCB; cake batter containing no oxidized cellulose, 10% oxidized cellulose, and 10% cellulose, respectively

**관능검사원의 선정 및 훈련:** 관능검사에 경험이 있는 식품 영양학과 대학생 및 대학원생 8명을 관능검사원으로 선정하여, 훈련을 통해 시료와 평가방법 및 평가 특성에 익숙해지도록 하였다. 관능검사원들이 평가 특성의 개념과 강도에 대한 안정된 판단 기준이 확립되어 재현성이 있는 결과를 보일 때까지 매일 1회씩 5일간 훈련을 한 후 관능검사를 실시하였다.

**평가 내용 및 평가 절차:** 외관 평가 특성은 케이크 단면의 기공 크기와 기공의 균일성이었고, 텍스처 평가 특성은 경도, 촉촉한 정도 및 가루끼(powderiness) 특성이었다. 사용한 평가 척도는 9점 척도로 1점에서 9점으로 갈수록 강도가 강해지는 것을 나타내도록 하였다. 케이크의 텍스처 특성에 대한 평가는 개인 칸막이 검사대가 설치된 관능 검사실에서 수행되었으며, 색에 대한 선입관을 배제하기 위하여 어두운 붉은 조명 하에서 진행되었다. 텍스처 특성 평가시에는 한 시료에서 3가지 항목을 모두 평가한 후 다음 시료를 평가하도록 하였다. 케이크의 외관 특성은 텍스처 특성의 평가가 끝난 후에 별도로 준비된 형광등 하에서 평가되었다.

관능검사는 반복차이를 무시한 랜덤화 완전 블록 계획(randomized complete block design, RCBD)에 따라 검사원이 한번에 무작위로 배치된 3가지 시료를 평가하였다. 관능검사는 4일에 걸쳐 4회 반복하여 실시하였으며, 모든 평가는 오후 3~5시 사이에 실시하였다.

**통계 분석**

케이크와 반죽의 이화학적 특성 및 케이크의 관능적 특성을 4회 반복하여 평가한 결과에 대해서는 분산분석을 실시하였고, 시료간의 유의적 차이의 검증은 Tukey's studentized range test를 실시하였다(p<0.05). 모든 통계분석에는 SAS<sup>(16)</sup>를 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크의 반죽 특성**

산화 셀룰로오스와 셀룰로오스로 각각 밀가루 함량의 10%를 대체한 케이크 반죽의 pH, 비중 및 점도를 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 산화 셀룰로오스로 대체한 반죽과 대조군 반죽간에는 pH에 차이가 없었으며, 셀룰로오스로 대체한 반죽의 pH가 이들에 비해 유의적으로 낮았으나, 그 차이는 매우 작아서 실질적인 의미가 없다고 본다. 이 실험 결과 모든 처리군의 반죽 pH가 6.95~6.99로 나타나, layer 케

**Table 4. Physicochemical properties<sup>1)</sup> of yellow layer cake containing oxidized cellulose and cellulose**

Cake <sup>2)</sup>	pH	Color value			Total volume index	Symmetry index	Uniformity index
		L	a	b			
CON	7.70 <sup>a</sup>	88.91 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	22.69 <sup>b</sup>	52.7 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>
COC	7.64 <sup>a</sup>	85.39 <sup>b</sup>	1.14 <sup>a</sup>	29.96 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>
CNC	7.68 <sup>a</sup>	88.01 <sup>a</sup>	-0.03 <sup>b</sup>	24.80 <sup>b</sup>	52.6 <sup>b</sup>	0.9 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>N=4; Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different(p<0.05, Tukey test)

<sup>2)</sup>CON, COC and CNC; cake containing no oxidized cellulose, 10% oxidized cellulose, and 10% cellulose, respectively

**Table 5. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of yellow layer cake containing oxidized cellulose and cellulose**

Cake <sup>2)</sup>	Cell size	Cell uniformity	Firmness	Moistness	Powderiness
CON	4.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>
COC	5.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>c</sup>	6.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>
CNC	4.4 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>c</sup>	6.2 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>N=4; Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different (p<0.05, Tukey test)

<sup>2)</sup>CON, COC and CNC; cake containing no oxidized cellulose, 10% oxidized cellulose, and 10% cellulose, respectively

이케에 적당한 범위의 6.7~7.5 내에 있음을 알 수 있었다<sup>17)</sup>.

비중은 대조군 반죽이 약간 낮게 나타났으나, 세 시료간에 유의적인 차이가 없었다. Line spread test로 측정된 반죽의 점도는 산화 셀룰로오스로 대체한 반죽이 높게 나타났으며, 대조군 반죽이 산화 셀룰로오스나 셀룰로오스로 대체한 반죽보다 유의적으로 낮았다. 이러한 결과는 산화 과정시 도입된 친수성 카르복실기에 의해 산화 셀룰로오스의 수분 결합능력이 증가하여 케이크 체계에서 반죽의 점도를 증가시켰기 때문으로 사료된다.

#### 산화 셀룰로오스를 함유한 케이크의 이화학적 특성

산화 셀룰로오스와 셀룰로오스로 밀가루를 일부 대체하여 제조한 케이크의 이화학적 특성을 평가한 결과(Table 4), 케이크 crumb의 pH에서는 세 시료간에 유의적인 차이가 없었다. Crumb의 색은 산화 셀룰로오스를 첨가한 시료가 대조군보다 L 값이 낮고, a와 b 값은 크게 나타났으며, 셀룰로오스를 첨가한 시료는 대조군과 색도의 차이가 없었다. 따라서 산화 셀룰로오스를 첨가하면 케이크의 색상이 어두워지고 노란색이 강해지는 것을 알 수 있었다. 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크 crumb의 노란 정도가 증가한 것은, 케이크를 굽는 과정에서 산화 셀룰로오스 내에 일부 형성된 카르보닐기에 의해 갈색화 반응(Maillard reaction)이 일어났고, 산화 셀룰로오스의 첨가로 케이크의 수분활성도가 낮아져서 갈색화 반응이 촉진되었기 때문으로 사료된다.

총 부피 지수는 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크가 대조군보다 높게 나타났고, 대칭성과 균일성 지수는 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 이 실험 결과 산화 셀룰로오스를 케이크에 첨가하면, 색의 차이를 제외하고는 외관에 바람직하지 않은 특성이 나타나지 않음을 알 수 있었다. 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크의 부피가 증가하는 것은 gum의 양이 증가할수록 케이크의 부피가 증가된다는 보고<sup>18)</sup>와 일치하는 것으로, 이러한 결과는 산화 셀룰로오스가 물과 결합하는 능력이 커서 반죽의 점도가 증가되고, 따라서 기체의 확산속도가 지연되어 기체가 손실되지 않고 팽창이 지속되기 때문으로 사료된다<sup>4,5)</sup>.

#### 산화 셀룰로오스를 함유한 케이크의 관능적 특성

산화 셀룰로오스와 셀룰로오스를 밀가루 함량의 10%로 대체한 케이크의 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 5에 나타내었다. 외관 특성을 평가한 결과 기공의 크기는 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크가 다른 두 케이크보다 약간 크게 나타났으며, 기공의 균일성은 세 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 텍스처 특성을 평가한 결과 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크는 대조군보다 단단한 정도는 낮고, 촉촉한 정도는 더 컸으며, 가루끼(powderiness)에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 산화 셀룰로오스를 케이크에 첨가하면 텍스처 특성에 나쁜 영향을 주지 않고 오히려 텍스처 특성이 향상됨을 알 수 있었다.

산화 셀룰로오스는 물 결합능력이 높아서 케이크에서 물을 더 많이 보유하고 있으므로, 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크의 촉촉한 정도가 더 높게 나타났다고 사료된다. 또한 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크가 덜 단단한 것은, 케이크에서 산화 셀룰로오스가 물을 많이 보유하게되므로, 케이크에서 밀 전분이 호화되는 데 필요한 물의 양이 적게 되어 호화가 충분히 일어나지 못하였고, 또한 gluten이 충분히 수화되지 못하여 gluten 형성이 억제되었기 때문으로 사료된다<sup>19)</sup>. 이와 대조적으로 셀룰로오스를 첨가한 케이크는 대조군보다 단단한 정도와 가루끼 특성이 더 크게 나타나고, 촉촉한 정도는 더 낮게 나타나, 케이크의 텍스처 특성이 바람직하지 않았다. 이러한 결과는 bran 등과 같은 불용성 식이 섬유를 케이크에 첨가하였을 때 관능적 품질이 저하되었다는 보고<sup>4,6)</sup>와 일치한다.

## 요 약

이 연구에서는 산화 셀룰로오스가 케이크 등과 같은 식품에서 식이섬유 소재로 사용될 수 있는지 그 가능성을 조사하기 위하여, TEMPO, NaBr 및 NaOCl을 동시에 사용하여 셀룰로오스 내의 1차 알코올기를 산화시키고, 산화 셀룰로오스를 밀가루 함량의 10%수준으로 대체하여 제조한 케이크의 이화학적 및 관능적 특성을 평가하였다. 그 결과 산화 셀

롤로오스를 함유한 케이크는 산화 셀룰로오스를 첨가하지 않은 대조군보다 전체적으로 색이 어둡고 노란색이 강하였으나, 전체적인 부피는 증가하는 것으로 나타났다. 관능적 평가 결과 셀룰로오스를 첨가한 케이크는 가루끼 특성이 강하게 나타난 반면, 산화 셀룰로오스를 첨가한 케이크는 대조군과 가루끼 특성에서는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 단단한 정도는 적고 촉촉한 정도는 더 크게 나타나, 산화 셀룰로오스를 케이크에 첨가시 텍스처 특성이 오히려 향상되는 것으로 나타났다. 이 실험 결과 산화 셀룰로오스는 케이크에서 외관이나 텍스처 특성의 저하없이 식이섬유 소재로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

## 문 헌

- Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33: 103-148 (1995)
- Ang, J.F. and Miller, W.B. Multiple functions of powdered cellulose as a food ingredient. *Cereal Foods World* 36: 558-564 (1991)
- Fondroy, E.B., White, P.J. and Prusa, K.J. Physical and sensory evaluation of lean white cakes containing substituted fluffy cellulose. *Cereal Chem.* 65: 402-404 (1989)
- Sievert, D., Pomeranz, Y. and Abdelrahman, A. Functional properties of soy polysaccharides and wheat bran in soft wheat products. *Cereal Chem.* 67: 10-13 (1990)
- Miller, R.A. and Hoseney, R.C. The role of xanthan gum in white layer cake. *Cereal Chem.* 70: 585-588 (1993)
- Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem.* 65: 244-247 (1988)
- Ganz, A.J. Cellulose hydrocolloids, pp. 382-417. In: *Food Colloids*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA (1977)
- Kamel, M., Hebesh, A. and El-Thalo, I.A. Action of sodium hypochlorite on carboxymethyl cellulose. *Textile Res. J.* 41: 450-454 (1971)
- Navell, T.P. and Zeranian, S.H. Oxidation of cellulose, pp. 242-265. In: *Cellulose Chemistry and Its Applications*. John Wiley & Sons Inc., New York, USA (1985)
- Chang, P.S. and Robyt, J.F. Oxidation of primary alcohol groups of naturally occurring polysaccharides with 2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine oxoammonium ion. *J. Carbohydr. Chem.* 15: 819-830 (1996)
- Chang, P.S. and Cho, G.B. Oxidation of primary alcohol groups of polysaccharides with 2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine oxoammonium ion. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 446-451 (1997)
- Suh, D.S., Chang, P.S. and Kim, K.O. The Effect of TEMPO, NaBr and temperature on the selective oxidation of primary alcohol groups of corn starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 40-44 (2001)
- Charley, H. Shortened cakes, pp. 199-208. In: *Food Study Manual*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA (1982)
- Bath, D.E., Shelke, K. and Hoseney, R.C. Fat replacers in high-ratio layer cake. *Cereal Foods World* 37: 495-500 (1992)
- Campbell, A.M., Penifield, M.P. and Griswold, R.M. Evaluation of food by objective methods, pp. 475. In: *The experimental study of food*. 2nd ed. Houghton Mifflin Co., Dallas, TX, USA (1979).
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1992)
- Ash, D.J. and Colmey, J.C. The role of pH in cake baking. *Baker's Digest*. 47: 36-42 (1973)
- Lee, C.C. and Hoseney, R.C. Optimization of the fat-emulsifier system and the gum-egg white-water system for a laboratory-scale single-stage cake mix. *Cereal Chem.* 59: 392-395 (1982)
- Chen, H., Rubenthaler, G.L. and Schanus, E.G. Effect of apple fiber and cellulose on physical properties of wheat flour. *J. Food Sci.* 53: 304-305 (1988)

(2001년 1월 31일 접수)