

## 수화 전처리에 따른 양쪽성 저분자 유화제(Small Molecule Amphiphile)의 첨가 수준이 저 열량 케익 체계에 미치는 영향

김혜영\* · 셋서 캐롤

캔사스 주립대학 식품 영양학과

### Effects of hydration pretreatment on small molecule amphiphiles(SMA) at two levels in reduced-calorie cake systems

Hyeyoung Kim\* and Carole Setser

*Department of Food and Nutrition, Kansas State University*

*Present Address of Corresponding author; Hyeyoung Kim, Department of Food and  
Nutrition Ewha Womans University, Seoydaemun-gu, Seoul 120-750, Korea*

#### Abstract

The effects of small molecule amphiphiles(SMA) at 1.5 and 15% levels were compared with or without heating to 65°C and cooling pretreatment in modified reduced-calorie cake systems. The SMA used were monoglycerides(MG), sorbitan monostearate(SMS), Vanall<sup>®</sup>, polysorbate 60(PS60), sucrose ester(SE) F10, F70, and F160. Low batter specific gravities with high cake volumes were noted with the high levels of treated SMS, MG, and SE F10 and F70 or cakes with treated low levels of SE F160, F70 and PS 60. Cake volumes with the treated low levels of SEF160, F70, and PS 60 were comparable to cake volumes when using an untreated high level of Vanall<sup>®</sup>.

#### I. 서 론

Cake은 용해된 상태의 다량의 설탕과 소금, 콜로이드상으로 분산된 단백질, 거칠게 분산된 전분질, 그리고 유화된 지방으로 이루어지는 복잡한 다면분산 체계의 고열량 식품이다. 밀가루 중량기준으로 볼 때 130% 이상 되는 설탕의 양과 50% 이상되는 지방의 양을 낮추고 유화제나 polydextrose를 첨가하여 저 열량 케익체계를 연구한 보고<sup>1-8)</sup>가 많이 발표되었다. 이와같은 저열량 케익은 거품 타입(foam type) 보다는 버터첨가식의(shortened) layer cake 타입으로서 이와같은 경우 대개는 30~60%의 열량의 감소가 가능한 것으로 알려져 있다.

케익에 있어 유화제의 사용이 조직에 미치는 영향은 반죽내에서 보호적인 계면을 형성하며, 거품형성을 방해하는 지방을 둘러싸 응집력을 조절하여 이들이 단백질 거품조직에 접근하려는 것을 방지하여 반죽내 거품의 안정화에 기여하고, 쇼트닝을 사용한 control 케익과 비슷한 volume, hardness, crumb density를 지니도록 해준다<sup>9)</sup>. 고농도의 유화제는 케익 반죽내에서 물과 만나 온도가 Krafft temperature (Tc)에 도달시 hydrocarbon chain이 풀어져 액상으로 되며, 이때 물이 극상층으로 침투되어 물리적으로 가장 활동적 상태인 lamellar liquid-crystalline mesophase를 형성한다. 이때 계면에 형성된 steric barrier는 van der Waals forces를 저하

시키며 electrostatic repulsions을 증가 시키고 emulsion의 안정성을 증가 시켜 케익 품질에 영향을 미친다<sup>10)</sup>. 설탕과 지방이 전혀 첨가되지 않은 저열량케익이 밀가루 중량기준 15%의 Vanall<sup>®</sup>(hydrated blend of sorbitan monostearate, polysorbate 60, monoglyceride)의 첨가로 이미 개발 된 바 있다<sup>6,11)</sup>.

본 연구에서는 무설탕 무지방의 저칼로리 케익에서 다량으로 첨가되는 유화제의 양을 줄여서 실질적으로 이용가능한 저칼로리 케익개발 가능성을 시도하였다. 이에 다양한 유화제를 1.5% 혹은 15%로 하여 이를 가수 전처리 혹은 전처리 하지 않은 경우가 저칼로리 케익에 미치는 영향을 비교 하였다.

#### II. 재료 및 방법

##### 1. 재료

연구에 사용된 유화제는 Vanall<sup>®</sup>(Patco, Kansas city, 미국) sorbitan monostearate(SMS, Patco), polysorbate (PS) 60(Patco), distilled monoglycerides(MG, Patco), sucrose ester(SE) F10(Dai-Ichi Kogyo Seiyaku Co, 일본), SE F70(Dai-Ichi), SE F160(Dai-Ichi)였다. 케익 밀가루 (Pillsbury, Springfield IL, 미국)는 터보 분쇄하여 고비율로 표백시킨 맥아를 첨가시키지 않은 소맥분을 이용하였다. 또한 팽창제로 베이킹 파우더(double acting,

**Table 1. Basic formulations for reduced calorie cake system**

Ingredient	% of Total System	Amount(g)
Flour	100.0	120.0
Small molecule amphiphiles	1.5(or15)	1.8(or18)
Water	104.0	124.8
Polydextrose	58.6	70.3
Whole gee	63.0	75.6
Baking power	9.8	11.8

ASM ARKADY, Olathe KS, 미국)와 polydextrose(Pfizer Inc. NY, 미국)를 사용하였으며, 예비실험 및 본실험에 사용될 전 시료는 한번에 구입하여 -20°C 냉동고에 보관 하며 실험에 이용하였다.

**2. 케익 제조**

각각 1.8 g(밀가루 중량 기준 1.5%) 혹은 18 g(밀가루 중량 기준 15%)의 유화제를 124.8 g(밀가루 중량기준 104%)의 물을 넣은 250 ml 비이커에 넣어 65°C의 향은 수조

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

### LAYER CAKE TEXTURE

Make vertical lines on horizontal line to indicate your ratings.

**CELL UNIFORMITY**

\_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x

not 6 5 4 3 2 very

**CELL SIZE**

\_\_\_\_\_ x1 \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x5 very

small 2 3 very large

**CRUMB FIRMNESS**

\_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_

not (bread) muffin (pound cake) very

**CRUMBLINESS**

\_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x

not (bread) muffin (corn bread) (cake) very

**MOISTNESS TO LIPS**

\_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_

not (cracker) pound cake (corn bread) very

**MANUAL SPRINGINESS**

\_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_

not (cake example) (bread) very

**Score card definitions:**

**CELL UNIFORMITY** - Amount of large air cells or tunnels within otherwise small air cells (high = very even)

**CELL SIZE** - Size of the majority of cells on area of cut surface (high = very large cells, open structure)

**CRUMB FIRMNESS** - Force required to compress completely when placed between lips (high = very firm like pound cake, low = Wonder<sup>®</sup> bread)

**CRUMBLINESS** - Force required to separate with tongue by manipulation

**MOISTNESS TO LIPS** - Amount of moisture (coolness) perceived on the surface of the product, when in contact with the upper lip (high = corn bread)

**MANUAL SPRINGINESS** - Time for the sample to return to its original size/shape, after 50% compression (without failure) between thumb and forefinger (high = Wonder<sup>®</sup> bread)

Fig. 1. 6 Inch Unstructured Linear Scale Ballot.

(Thermomix 1480, B Braun, W. Germany)에서 1시간 동안 가끔씩 저어 주며 잘 분산된 상태가 될때까지 방치하였다. 이렇게 전처리된 유화제를 실온(22±4°C)으로 식혔다. 저열량 케익제조에 이용되는 재료 및 분량은 Table 1과 같다. 먼저 마른 재료들을 wire whip을 사용하여 믹서(Kitchen-aid, Model K5SS)에서 낮은 속도(speed 2)로 1분간 섞은 후 남은 재료를 넣어 같은 속도로 30초간 섞었다. 스페툴라로 반죽을 가운데로 모아서 고속(speed 10)으로 2분간 섞음을 2번 더 반복하여 살짝 기름을 입힌 팬에 300g씩 넣은 후 350°C에서 35분간 구웠다.

### 3. 물리화학적 특성

저열량 케익의 반죽에서 물리 화학적 특성 측정을 위해 반죽이 준비되는 즉시 비중, foam drainage 및 pH 측정을 하였다<sup>12)</sup>. 비중의 측정시 물의 밀도를 1.00 g/c.c로 가정하여 다음 방식을 이용하여 비중 계산을 하였다.

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

Foam drainage는 60 ml의 거품상태인 반죽을 깔대기를 바친 여과지 (Shark Skin, Carl Schleicher & Schuell Co.)에 넣어 한시간 방치한 후에 10 ml 크기의 graduate cylinder에 직접 분리되어 나온 액체의 양을 측정하였다.

pH의 측정은 pH 측정기(American Scientific, American™pH/ISE)의 autolock mode로 하였으며, 이때 측정기구는 ± 0.05의 정확한 pH측정치에 도달하였을때 깜빡이며 마지막 값을 읽을때 멈춘다.

완성된 케익에서는 케익의 부피, 대칭성, 균질성을 AACC template<sup>13)</sup>로 측정하였다. 세번 반복된 결과는 SAS<sup>14)</sup>의 ANOVA 과정을 사용하였으며 평균치는 LSD 방법으로 비교하였다.

### 4. 관능 검사

이미 관능 검사에 경험이 있는 4명의 검사요원들에게 15회 이상 재훈련 과정을 거쳐 관능 검사에 임하도록 하였다. 조사된 특성은 cell uniformity, cell size, crumb firmness, crumbliness, moistness 및 manual springiness이다. 검사 요원들은 6 inch unstructured linear scale의 척도와 특성 정의가 쓰인 검사표(Fig. 1)가 미리 준비되어있는 분리된 검사실에서 인치당 10점으로 하여 모두 60점으로 된 컴퓨터 점수표에 직접 측정치를 입력하였으며, 검사당시의 느낀점을 검사표에 묘사하였다. 세번 반복된 결과의 평균치는 Duncan's multiple range 방법으로 비교하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 물리화학적 특성

수화 전처리 유무에 따른 유화제의 첨가 수준이 케익의 반죽에 미치는 영향을 물리화학적 검사로 측정된 결과 (Table 2)에서 uniformity index를 제외하고는 모든 특성에서 유의적인 차이를 나타내었다. 저열량케익 반죽의 비중측정시 고단위의 전처리 되지 않은 Vanall<sup>®</sup>, SE F70가 첨가된 시료군이 유의적으로 낮은 비중을 나타내었다. 저수준으로 전처리하여 첨가된 SE F70, F160, PS60 시료군과 고수준으로 전처리하여 첨가된 SE F10, F160 시료군이 그 다음으로 낮은 비중치를 보여 이들 케익반죽 준비시에 더 많은 공기 유입이 있었던 것으로 나타났다.

가수 전처리된 유화제로 만든 케익 반죽의 foam drainage 정도는 SE F10의 첨가군만 제외하고는 유화제 첨가수준에 관계없이 전처리되지 않은 유화제 첨가군보다 낮은 측정치를 보였다.

전처리되지 않은 유화제를 첨가하여 만든 케익중에서 Vanall<sup>®</sup>첨가군이 예외적으로 큰 부피를 보였으며 고수준으로 MG와 SE F70를 가수 전처리 하여 만든 케익 군들이 비슷한 큰 부피의 케익이 되었다. 저수준으로

Table 2. Physicochemical property measurements<sup>a</sup> of the reduced-calorie cake batters comparing the levels and treatments of SMA<sup>b</sup>

	Specific gravity				Foam drainage				Volume index			
	Untreated		Treated		Untreated		Treated		Untreated		Treated	
SMA <sup>c</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SMA	0.91cd	0.86def	0.82def	0.42k	0.53abc	0.83abc	0.13cde	0.00e	134defg	141defg	129efgh	161bcd
MG	0.89cde	0.90cd	0.93cd	0.50jk	0.68abc	0.97ab	0.33abc	0.08cde	145defg	131efgh	130efgh	188ad
PS 60	0.79efg	1.09a	0.69he	0.99abc	0.95ab	0.07cde	0.03de	0.33abc	125ghij	123ghij	151cdef	140cdef
Vanall <sup>®</sup>	1.00abc	0.48jk	0.91cd	0.56j	0.70abc	0.00e	0.62abc	0.10cde	121hij	187ab	128fghi	96j
SE F10	0.97bc	1.06ab	0.99abc	0.72ghi	0.57abc	0.80abc	0.67abc	0.20bcd	121hij	120hij	118ij	154cdef
SE F70	0.91cd	0.93cd	0.68hi	0.47jk	0.50abc	1.05a	0.00e	0.00e	130defg	145defg	157cdef	209a
SE F160	0.90cd	0.89cd	0.67i	0.75fgh	1.07a	0.68abc	0.17cde	0.00e	131efgh	155cdef	163bcd	177bc

<sup>a</sup>Three replications/mean; means with same letter are not significantly different. (P<0.05); Duncan's multiple range test.

<sup>b</sup>Abbreviations: SMA, small molecule amphiphiles; SMS, sorbitan monostearate; MG, monoglycerides; PS, polysorbate; SE, sucrose ester.

<sup>c</sup>SMA levels (%) on the flour weight basis of formula.

**Table 3. Mean<sup>a</sup> values of various properties<sup>b</sup> by sensory analysis comparing the levels and treatments of SMA<sup>c</sup> in the cake systems.**

	Cell size				Crumb firmness				Manual springiness			
	Untreated		Treated		Untreated		Treated		Untreated		Treated	
SMA <sup>d</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SMA	22.6ced	18.2def	22.8cd	10.8fg	29.3deg	27.2efg	32.4bcd	7.4no	55.8a	53.4ab	55.9a	37.5ef
MG	21.1cde	20.8cde	26.8bcd	13.8efg	28.4efg	29.0efg	17.8jkl	23.8ghi	47.8bcd	51.2abc	51.6abc	51.3abc
PS 60	18.3cde	15.0efg	14.7efg	30.3b	24.2fgh	29.1efg	17.8jkl	23.8ghi	47.8bcd	51.2abc	51.6abc	51.3abc
Vanall <sup>R</sup>	49.3a	15.0efg	29.8b	30.3b	38.6abc	6.8no	37.7abc	23.2hij	55.4a	42.8de	55.2bcd	39.1e
SE F10	20.3cde	21.7cde	34.1b	14.3efg	34.3bcd	39.7ab	42.7a	21.0ijkl	55.0a	55.3a	54.9a	53.8ab
SE F70	20.7cde	15.4def	15.5def	10.8fg	30.7cde	24.4fgh	14.31m	3.5o	55.3a	53.3ab	55.4a	12.2g
SE F160	22.8cde	14.6efg	15.9def	9.0g	25.8efg	13.31m	12.6mn	7.3no	55.4a	33.0f	52.8ab	11.0g

전처리하여 첨가한 케익군에서는 SE F160, F70, PS60를 첨가한 케익군의 순서로 큰 부피를 나타내었다.

저열량 케익 반죽의 pH 조사 결과 모든 시료군이 pH 7.5와 pH 7.9사이로 중성 및 약알칼리성을 나타내었다. SE F70를 전처리하여 고수준으로 첨가한 케익군이 가장 낮은 대칭성을 보였으며 SE F70를 전처리하지 않고 고수준으로 첨가한 케익이 균일하게 부풀어 가장 높은 대칭성을 보였다. 한편, 케익의 균일성은 유의적인차이를 보이지 않았으나 대체로 -1.7에서 1.7사이의 측정치를 보여주었다.

## 2. 관능 검사

수화 전처리 유무에 따른 유화제의 첨가수준의 케익 제품에 대한 관능검사 결과(Table 3)에서는 cell size, crumb firmness 및 manual springiness의 특성 평가에서 유의적인 차이를 나타내었다.

전처리하지 않은 유화제로 만든 케익에서 cell size는 SMS, Vanall<sup>R</sup>, SE F160 첨가 케익이 비슷하게 중간 및 작은 cell size를 보이며 저수준의 가수 전처리된 PS60, SE F70, SE F160와 Vanall<sup>R</sup>이 첨가된 케익을 제외한 모든 전처리된 고수준의 유화제를 첨가한 케익과 비슷한 cell size를 보였다.

저열량 케익의 crumb firmness 평가시 전처리하지 않고 고수준으로 첨가된 Vanall<sup>R</sup>과 SE F160케익군은 낮은 평균치를 보여 많이 딱딱 하지 않다(not very firm)고 평가되었으며 고수준의 전처리된 SMS, MG, SE F160 및 F70이 포함된 케익군 역시 낮은 측정치를 나타내었다. 저수준으로 전처리한 경우, SE F70, SE F160의 첨가 시료군이 낮은 평균치를 보여 역시 많이 딱딱 하지 않다고 평가되었다. 케익의 단단성을 평가시 일반적으로 전처리하여 유화제를 첨가한 케익군에서 유의적으로 평균값이 낮아져서 부드러운 케익이 되는 경향을 보였다.

고수준으로 전처리된 SE F70, SE F160의 첨가 시료군이 가장 낮은 manual springiness의 점수를 나타내었다. 일반적으로 고수준으로 첨가되고 전처리된 경우 저

열량 케익의 manual springiness는 감소하는 경향을 보였다.

그 밖에 cell uniformity, crumbliness 및 moistness to lips 특성의 평가시 유의적인 차이는 없었으나, 전처리하여 고수준으로 유화제를 첨가하면 cell uniformity는 감소하는 경향이 있었다. 또한 고수준으로 전처리하지 않은 Vanall<sup>R</sup>과 고수준으로 전처리된 SMS나 SE F70가 첨가된 케익군은 가장 많이 crumbly하였으며, 고수준으로 전처리된 SE F160가 첨가된 케익군은 가장 덜 crumbly하게 평가 되었다. 유화제를 고수준으로 전처리하는 경우 입술에서 느끼는 moistness는 감소되는 경향이 있었다.

이 연구를 통해 유화제가 다른 재료들과 혼합되기 전에 물과 미세한 분산상태를 만들 경우 저열량케익의 조직을 향상시키는 것을 알 수 있었다. 물과 유화제가 미세한 분산 상태로 다른 재료들과 혼합될 경우, 반죽내의 공기 세포의 형성을 도우며 이 때 유입된 공기의 양이 너무 많아서 형성된 거품의 막이 약해지지 않는 한 무설탕 무지방의 저열량 케익 제조시 부피 및 조직을 향상시킨다고 볼 수 있다.

## IV. 요 약

본 연구에서는 무설탕 무지방의 저칼로리 케익에서 다량으로 첨가되는 유화제의 양을 감소시키기 위하여, 다양한 종류의 유화제를 1.5% 혹은 15% 첨가수준에서 가수전처리 하거나, 전처리 하지 않은 경우가 저칼로리 케익에 미치는 영향을 조사하였다. 물리 화학적인 특성 및 관능 검사에 사용된 유화제는 Vanall<sup>R</sup>, sorbitan monostearate, polysorbate 60, distilled monoglyceride, sucrose ester F10, SE F70 및 SE F160이다.

반죽에서 낮은 비중을 나타내고 안정된 분산 체계를 유지하여 케익 volume이 커진 경우는 고수준으로 전처리된 SMS, MG, SE F160 및 F70가 첨가된 케익군과 저수준으로 전처리된 SE F160, F70 및 PS 60가 첨가된

케익균이다. 전처리하여 저수준으로 SE F160, F70 및 PS 60를 첨가하여 케익을 만들 경우 부드러운 케익이 되며, 고수준으로 전처리하지 않고 Vanall<sup>®</sup>을 첨가한 케익과 비슷한 부피를 지닌 케익을 만들었다.

### 참고문헌

1. Ernest, N., Low-calorie baked foods possible with polydextrose bulking agent, *Bakers Journal*, **42**: 320 (1982).
2. Freeman, T., Polydextrose for reduced-calorie foods, *Cereal Foods World*, **27**: 515 (1982).
3. Freeman, T., Sweetening cakes and cake mixes with altime, *Cereal foods World*, **34**: 1013 (1989).
4. Kamel, B.S. and Washnuik, S., Composition and sensory quality of shortening-free yellow layer cakes, *Cereal Foods World*, **28**: 731 (1983).
5. Morris, C., New emulsifier allows 'calorie-conscious' cakes. *Food Eng.*, **53**(11): 100 (1981).
6. Neville, N.E., and Setser, C.S., Textural optimization of reduced-calorie layer cakes using response surface methodology, *Cereal Foods World*, **31**: 744 (1986).
7. Smith, P., Producing low-calorie desserts, *Cereal Foods World*, **29**: 407 (1984).
8. Torres, A. and Thomas, R., Polydextrose...and its applications in foods, *Food Technol.*, **44**: 3597 (1981).
9. Rasper, V. F. and Kamel, B.S., Emulsifier/oil system for reduced-calorie cakes. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **66**: 537 (1989).
10. Krog, N., Function of emulsifiers in relation to food texture. Ch. 16. In "Rheology and Texture in Food Quality", J.M. Deman et al. (Ed), p. 507. AVI Pub. Co., Westport, CT (1976).
11. Deming, D., Application of response surface methodology to optimize a reduced-calorie chocolate layer cake formulation, MS thesis, Kansas State University (1988).
12. Kim, Hyeyoung., Role of Small Molecule Amphiphiles (SMA) in Reduced-Calorie Cake systems, Ph. D. dissertation, Kansas State University (1990).
13. AACC Method 10-91, Use of Layer Cake Measuring Template, rev 10-27-82, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th ed, The Association, St. Paul, MN (1983).
14. SAS Institute, SAS User's Guide, SAS Institute, Inc., Raleigh, NC (1988).