

저항전분을 첨가한 스펀지 케이크의 특성

김명희[†] · 김정옥* · 신말식*

목포과학대학 식품영양과

*전남대학교 식품영양학과

Effects of Resistant Starches on the Characteristics of Sponge Cakes

Myung-Hee Kim[†], Jeong-Ok Kim* and Mal-Shick Shin*

Dept. of Food and Nutrition, Mokpo Science College, Mokpo 530-730, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Abstract

This study was investigated the quality characteristics of sponge cakes which were prepared by replacing 30% of flour with raw starch and resistant starches, such as, 4 cycled autoclaved-cooled RS 3 maize starch (RS 3), cross-linked RS 4 maize starch (RS 4), annealed and cross-linked RS 4 maize starch (ARS 4). The volume and specific volume of cake containing RS 4 was superior to control cake (100% flour cake). Addition of starches except RS 3 made crust and crumb color lighter and decreased hardness. Especially, cake containing RS 4 had the softest texture. For the adhesiveness and cohesiveness, cake containing RS 4 showed the least changes during 5 storage days. In DSC measurement, cakes containing RS 4 and ARS 4 showed high enthalpy in despite of low hardness. Sensory evaluation showed that cakes containing RS 4 and ARS 4 were significantly moist and soft compared to others. Overall acceptability of cakes containing starch, RS 4, ARS 4 were evaluated excellent. Therefore, it can be suggested that RS 4 and ARS 4 can be added to the sponge cake for the quality improvement and functional element.

Key words: autoclaved-cooled RS 3, cross-linked RS 4, annealed and cross-linked RS 4, maize starch, sponge cake

서 론

식생활패턴의 서구화에 따라 빵과 케이크류의 소비가 날로 증가하고 있다. 또한 최근 식품의 소비 추세는 기능성 식품이나 저열량 제품에 대한 선호도가 급증하고 있는 실정이다. 그러나 케이크류는 주로 지방과 설탕의 함유량이 높은 고열량 식품으로 소비자들의 변화된 식품 선택 기준을 충족시키는 어려운 제품이다. 따라서 최근에는 올리고당이나 당알콜을 이용한 저열량 케이크에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(1-5). 그러나 당의 종류와 사용량은 케이크의 부피나 조직감 등에 큰 영향을 미칠 수 있다. 올리고당이나 당알콜 외에 저열량 식품의 개발에 많이 사용되는 성분이 식이섬유소인데(6,7), 식이섬유소는 수분 흡수력이 크고 질감이 거칠어서 제품의 저장 안정성이나 색깔, 질감 등에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다. 특히 스펀지 케이크는 부드럽고 촉촉하며 입안에서 쉽게 바스라지는 질감이 가장 중요하다고 할 수 있는데 식이섬유소는 이런 특성을 유지하기에는 부적당하다고 하겠다.

그런데 최근 식이섬유소와 유사한 생리활성 효과를 가지

면서도 수분 흡수력이 낮은 저항전분(resistant starch, RS)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(8-10). 1990년 EUR-ESTA(European Flair Concerted Action on Resistant Starch)에서 저항전분의 생리적인 효과에 관한 연구를 시작한 이래 1992년에는 사람의 소장에서 소화, 흡수되지 않는 전분과 전분 분해 산물을 저항전분이라 정의하였다(11). 즉 저항전분은 소장에서 소화 흡수되지 않고 대장에서 발효되어 부티르산과 같은 단쇄 지방산을 생성함으로써 혈당과 인슐린, 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시키고 대장에서의 세균 대사에 영향을 미쳐 대장암을 예방하는 등의 생리적 효과가 있다고 알려져 있다(11-13). Englyst 등(14)은 저항전분을 3가지로 나누었는데 부분적으로 도정된 낱알이나 종자와 같이 물리적으로 효소의 접근이 어려운 RS 1, 바나나, 감자, 고아밀로오스 옥수수 전분과 같이 B형의 결정형을 갖고 효소에 의해 분해되기 어려운 전분입자인 RS 2, 그리고 전분의 노화에 의해 형성된 RS 3로 나누었다. 여기에 화학적 변성전분도 효소에 저항성이 있음이 밝혀져 RS 4로 구분하였다. RS 1과 RS 2는 가열에 의해 호화되면 저항전분 함량이 없어지는데 비하여 RS 3는 식품의 가열, 냉각 처리에 의하여 얻어지며 비교적

[†] Corresponding author. E-mail: spongecake-rs@hanmail.net
Phone: 82-61-270-2692. Fax: 82-61-279-8838

열에 안정하다. 또한 가교 결합제와의 반응을 통하여 얻어지는 가교결합 저항전분인 RS 4는 전단력, 열처리, 낮은 pH에 의한 파괴에도 저항하는 성질을 갖게 된다(15). 이처럼 저항전분은 전분의 종류나 저항전분의 형태에 따라 그 성질이 다르므로 식품의 종류에 따라 선택해서 사용할 수 있는데 특히 중간수분식품이나 저수분식품에 사용하면 제품의 특성이나 질감에 큰 영향을 미치지 않고 총 식이섬유소 함량이 증가된 저열량, 기능성 제품을 개발할 수 있으리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 아밀로오스 함량이 28%이며 경제성이 있는 옥수수 전분으로 가열-냉각과정을 4회 반복한 RS 3 저항전분(4 cycled autoclaved-cooled RS3 maize starch, RS 3), 가교결합 RS 4 저항전분(cross-linked RS4 maize starch, RS 4), 가교결합 전에 annealing 처리를 한 RS 4 저항전분(annealed and cross-linked RS4, ARS 4)을 제조하여 이를 각각 밀가루의 30% 비율로 첨가하여 스펀지 케이크를 제조한 후 케이크의 일반적 특성과 저장시 케이크의 노화에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 대한제분의 박력분(수분 11.8%, 단백질 8.0%, 회분 0.3%)을, 옥수수 전분(수분 11.5%, 단백질 0.2%, 회분 0.0%)은 삼양제넥스(인천, 한국) 제품을 사용하였고, 저항전분은 삼양제넥스사의 옥수수 전분을 이용하여 Mun(16)의 방법으로 RS 3(수분 10.2%, 단백질 0.1%, 회분 0.0%)와 RS 4(수분 11.6%, 단백질 0.1%, 회분 0.4%) 및 ARS 4(수분 10.7%, 단백질 0.1%, 회분 0.4%)를 제조하였다. 설탕은 삼양사의 정백당을 사용하였으며, 계란은 실험 당일 구입하여 사용하였다.

스펀지 케이크의 제조

스펀지 케이크는 Kim과 Lee(3)의 방법을 변형하여 제조하였는데, 제조시 배합율은 Table 1과 같으며 공립법으로 제조

Table 1. Formula for sponge cakes containing resistant starches (unit : g)

Ingredient	Ratio (%)	Samples				
		CC	SC	RS3C	RS4C	ARS4C
Flour	100	130	91	91	91	91
Starch	30	-	38.8	-	-	-
RS 3	30	-	-	38.3	-	-
RS 4	30	-	-	-	38.9	-
ARS 4	30	-	-	-	-	38.5
Sugar	115	150	150	150	150	150
Egg	115	150	150	150	150	150
Water	25	32.5	32.7	33.2	32.6	33

Abbreviations : RS=resistant starch; RS 3=4 cycled autoclaved-cooled RS 3 maize starch; RS 4 = cross-linked RS 4 maize starch; ARS 4 = annealed cross-linked RS 4 maize starch; CC=control sponge cake; SC = sponge cake containing raw starch; RS3C = sponge cake containing RS 3; RS4C = sponge cake containing RS 4; ARS4C = sponge cake containing ARS 4.

하였다. 즉 계란과 설탕, 물을 혼합하여 43°C까지 중탕한 후 EGS Any Mixer(EGS GMBH Co., Germany)의 whipper를 이용하여 저속에서 30초, 고속에서 2분, 중속에서 1분 30초, 저속에서 30초간 휘핑하여 1차 비중을 0.30~0.32로 맞추었다. 2회 체질한 가루를 넣고 저속으로 30초간 혼합하여 케이크의 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽은 직경 21 cm 팬에 350g씩 팬닝하여 윗 불 170°C, 아랫불 150°C 오븐(Kumsung Machinery Co., Korea)에서 25분간 구운 후 틀에서 꺼내 실온에서 1시간 방냉시킨 후 폴리에틸렌 백에 포장하여 5°C에 저장하면서 측정용 시료로 사용하였다.

반죽의 비중

케이크 반죽의 비중은 물의 무게에 대한 케이크 반죽의 무게 비를 나타낸 것(AACC 법, 10-15)으로 사용하였다(17).

케이크의 부피, 비용적, 색도

케이크의 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법(AACC법, 72-10)으로 측정하였고(17), 비용적은 케이크의 무게를 측정하여 무게에 대한 부피의 비로써 표시하였다. 또한 케이크의 단면을 잘라 5곳의 케이크 높이를 측정하여 AACC법(10-91)에 따라 volume, symmetry, uniformity index를 계산하였다(17). 케이크의 crust와 케이크의 crumb 색도는 케이크의 윗면과 자른 단면을 색차계(CR-300, Minolta Co., Japan)로 측정하여 Hunter의 색차계인 L, a, b 값으로 표시하였다.

수분

수분 함량은 케이크의 crumb 부분을 폴리에틸렌 백으로 포장하여 5°C에 저장하면서 1일, 3일, 5일째의 수분 함량 변화를 AACC법(44-15A)에 의해 측정하였다(17).

텍스처

텍스처는 케이크의 crumb 부분을 2×2×2 cm³ 크기로 잘라 폴리에틸렌 백에 포장하여 5°C에 저장하면서 1일, 3일, 5일째의 텍스처 변화를 레오메타(Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 이용하여 다음과 같은 조건으로 각 시료를 10회 반복하여 측정하였다. 측정항목은 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness)이었다.

Type: two bite mastication test

Adaptor: No. 25 (20.0 mm)

Load cell: 1.0 kg

Deformation: 50%

Sample size: 20.0×20.0×20.0 mm

Table speed: 300.0 mm/min

Chart speed: 35.0 mm/min

시차주사열량기에 의한 노화도

케이크를 제조한 후 5°C에 저장하면서 제조 1일, 3일, 5일째의 노화 특성을 시차주사열량기(Differential Scanning Calorimeter, DSC-SP, Rheometric Scientific Co., USA)를 사용

하여 측정하였다. 케이크의 crumb를 과량의 80% 알코올로 탈수한 후 감압 여과하여 상온에서 풍건한 후 마쇄하여 100 메쉬 체를 통과시킨 시료와 물을 1:3의 비율(총 무게 10 mg)로 알루미늄 용기에 넣어 밀봉하여 상온에서 24시간 방치한 후 측정하였다. 3°C/min의 속도로 30°C에서 120°C까지 가열하여 흡열곡선을 얻었고, 이 때의 흡열피크 면적, 즉 enthalpy를 측정하였다.

관능검사

관능검사 경험이 있는 식품영양학과 대학원생에게 실험의 목적을 설명하고 훈련한 다음 12명의 패널을 선발하여 정량적 묘사분석(quantitative descriptive analysis, QDA)으로 관능적 특성평가를 실시하였다. 검사에 사용된 항목 측정 방법으로는 15 cm 선척도(18)로 직선 위에 좌로부터 우로 갈수록 특성 강도가 증가하도록 선의 양쪽에 용어 한계를 표시하였다. 평가 항목으로는 케이크의 crumb 색, 기공의 균일성, 촉촉함, 탄성, 부드러움, 전반적인 기호도를 측정하였다. 시료는 케이크의 crumb 부분을 2×2×2 cm³ 크기로 잘라서 흰 접시에 한가지 시료씩 담아 물과 함께 제공하였다.

통계처리

통계처리는 Window용 SPSS 7.5.2 version을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan의 다중범위 검정으로 유의성을 검정하였다(19). 관능검사 항목 중 전반적인 기호도와 다른 항목과의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson의 상관관계 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

스펀지 케이크의 일반적 성질

케이크 반죽의 비중, 케이크의 부피, 비체적은 Table 2에서 보는 바와 같다. 케이크 반죽의 비중은 0.46~0.48로 Mizukoshi(20)의 0.5, Pylar(21)의 0.46~0.48과 잘 일치하였으며 그 중 RS 4를 첨가한 스펀지 케이크(RS4C)가 0.46으로 가장 낮았다. 케이크의 부피는 반죽의 비중이 가장 낮은 RS4C의 부피가 가장 커서 5.13 cc/g의 비체적을 나타내었고, ARS 4를 첨가한 스펀지 케이크(ARS4C)가 가장 부피가 작아서 4.82 cc/g의 비체적을 나타내었다. 스펀지 케이크의 표준 비체적

Table 2. Baking properties of sponge cakes containing resistant starches

Properties	Samples ¹⁾	CC	SC	RS3C	RS4C	ARS4C
Specific gravity of batter		0.48	0.48	0.47	0.46	0.47
Cake volume (cc)		1570	1545	1525	1598	1505
Specific volume (cc/g)		5.09	4.96	4.88	5.13	4.82
Volume index		13.1	12	11.9	13.1	12
Symmetry index		0.7	0	0.1	0.4	0
Uniformity index		0.3	-0.4	0.1	-0.4	-0.2

¹⁾See footnote of Table 1.

(22)을 5.08 cc/g으로 볼 때 밀가루로만 만든 스펀지 케이크(control cake, CC)와 RS4C의 경우는 표준보다 큰 부피를 나타내었고, 생전분을 첨가한 스펀지 케이크(SC), RS 3를 첨가한 스펀지 케이크(RS3C) 및 ARS4C의 경우는 표준 스펀지 케이크보다 부피가 작았다. 또한 RS3C와 ARS4C의 경우 반죽의 비중이 CC나 SC의 비중보다 가벼웠음에도 불구하고 비체적이 작은 것은 케이크의 골격을 유지하는 힘이 약하여 팽창 후에 더 많이 수축하였기 때문으로 생각된다. 이는 ARS4C의 경우 케이크 표면에 형성된 주름이 이를 뒷받침해 주는데 케이크 표면의 주름은 오븐 내에서 팽창된 케이크가 오븐 밖으로 나오에 따라 나타나는 표면의 가라앉음으로 인하여 발생된다(23).

케이크의 외관상의 특성을 나타내주는 형균성은 Table 2와 Fig. 1에 나타내었다. Volume index는 비체적의 결과와 일치하여 CC와 RS4C의 경우가 SC, RS3C, ARS4C의 경우보다 높은 것으로 나타났다. 전통적으로 케이크 산업에서 케이크

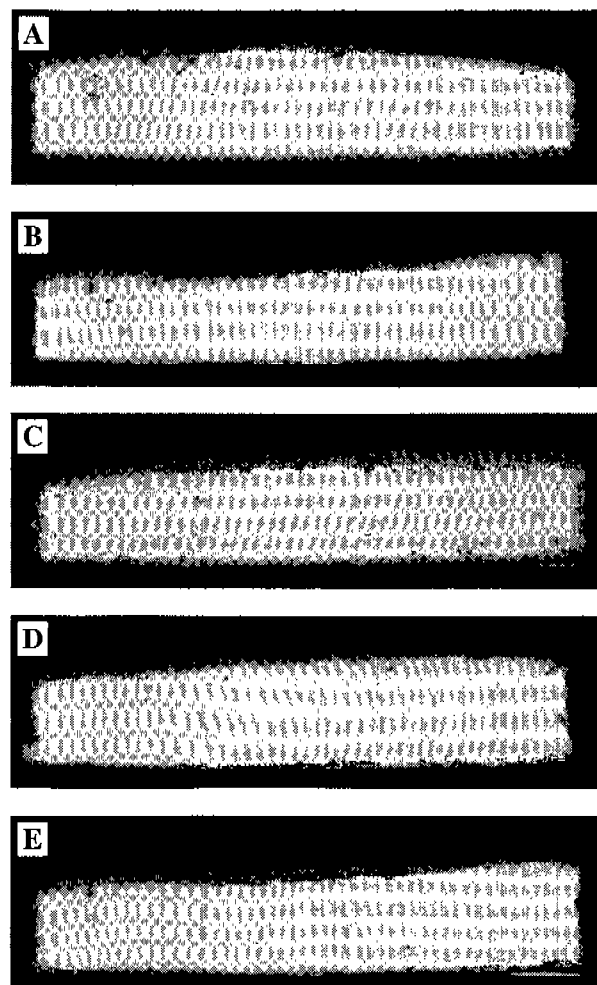


Fig. 1. Cross sectional view of sponge cakes containing resistant starches.

A: CC, B: SC, C: RS3C, D: RS4C, E: ARS4C.

Abbreviations: see footnote of Table 1.

크의 윤곽이나 외형을 나타내는 지표로 사용되어온 symmetry index는 모든 케이크에서 양호한 편이었으나 케이크의 대칭성을 나타내는 uniformity index는 RS3C의 경우가 0.1로서 가장 우수하였다.

케이크의 수분함량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 구운 지 1일째 수분함량은 29.2~30.7%로 각 케이크들간에 차이는 없었다. 또한 이 결과는 Kim과 Lee(3)의 28.7~30.4%, Lee 등(24)의 30.3~31.3%와 비슷하였다. 구운 지 5일째의 수분 함량은 28.0~29.6%로 1일째에 비하여 크게 감소하지는 않았다.

케이크의 색도

케이크의 crust 및 crumb의 색은 Hunter 색차계의 L, a, b 값으로 표시하였는데 측정된 값은 Table 4에 나타내었다. 케이크 crust의 L값과 b값은 CC보다 전분을 첨가한 경우에 유의적으로 높았고, 생전분보다 저항전분을 첨가한 경우에 유의적으로 큰 값을 나타내어 색이 더 밝아졌다. 반면에 a값은 CC가 다른 케이크들에 비하여 유의적으로 큰 값을 나타내었다. 즉 케이크의 crust 색은 CC의 경우 진한 갈색을 나타낸 반면 전분을 첨가한 경우에는 황금갈색을 나타내었다. 이는 케이크의 crust 색은 열분해에 의해 생성 증가된 환원당과 아미노화합물의 Maillard 반응에 의한 갈변화에 의하여 가장 큰 영향을 받는데, 전분을 첨가한 케이크의 경우 아미노화합물의 감소로 반응이 약화되어 황금갈색을 나타낸 것으로 생각된다.

케이크 crumb의 색은 RS3C가 가장 적은 L값과 b값, 가장 큰 a값을 나타낸 반면, RS4C와 ARS4C의 경우는 L값과 b값은 큰 반면 a값은 가장 적었다. 케이크의 명도를 나타내는 L값은 RS3C<CC<RS4C<ARS4C<SC 순서로 큰 값을 보였는데 CC와 RS3C가 어둡게 나타난 것은 이들 케이크의 기공이 다른 케이크의 경우에서보다 큰 것으로 보아(Fig. 1) 열린

기공으로 인한 그림자효과에 의해서 다른 케이크보다 어둡게 보인 것으로 생각된다. 또한 RS3C의 경우엔 RS 3의 제조 시 고온의 가열 과정 중에 일어나는 갈변화 반응에 의한 RS 3의 착색이 더 큰 원인일 것으로 생각된다.

케이크의 텍스처 특성

레오메타를 이용하여 케이크의 텍스처를 측정된 결과는 Table 5와 같았다. 저장 1일째 케이크의 경도는 RS4C가 544.6으로 다른 케이크들에 비하여 가장 낮았고, SC와 ARS4C는 서로 비슷한 경도를 나타내었으며, RS3C는 975.8로 RS4C의 1.8배를 나타내었다. 즉 RS3C를 제외하고는 CC에 비하여 전분을 첨가한 케이크의 경도가 유의적으로 낮았는데, 이는 전분을 첨가한 케이크의 경우, 단백질 함량의 감소로 인하여 글루텐 형성이 저하되어 좀 더 부드러운 케이크가 된 것으로 생각된다. 그러나 전분을 첨가한 케이크라 해도 RS3C는 가장 경도가 높았는데, 이는 생전분, RS 4 및 ARS 4는 부분적 결정형의 노화되지 않은 전분(25)인데 비하여, RS 3은 호화되었다가 부분적으로 결정화된 노화된 전분(26)인 점으로 미루어 보아 전분의 결정성 및 물리, 화학적 성질의 차이에 의한 결과라 생각된다. 저장기간이 증가함에 따라 모든 케이크의 경도는 유의적으로 증가하였다. 저장 3일째는 1일째와 유사한 경향을 나타내었으나, 저장 5일째는 RS3C보다 오히려 CC와 SC의 경도가 더 높았다. 즉 RS3C의 경도가 1일에는 가장 높았으나 5일간의 저장기간을 통한 경도의 증가율은 다른 케이크에 비하여 가장 낮았는데, 이는 Song 등(27)의 보고와 일치하였다. 빵이나 케이크의 품질저하는 저장기간동안 일어나는 수분의 손실과 전분의 노화 현상 때문으로 알려져 있는데, Cairns 등(13)은 노화된 아밀로오스 겔(RS 3)은 저장 중에 결정성이 유의적으로 증가하였다고 하였고, Leung(28)은 전분의 노화는 전분 분자의 재결정화에 의하여 특징 지워 지는데 이때 전분 분자의 결정성 구조 안에 물분자가 갇혀서 수분의 이동성이 감소되었다고 한 점으로 미루어 보아 RS3C의 경우 저장기간이 길어짐에 따라 재결정성 증가에 의한 수분 이동성의 감소로 5일째의 경도는 오히려 CC나 SC가 더 커진 것이 아닌가 생각된다. RS3C와 달리 RS4C의 경도는 저장 3일째 765.4이었고, 저장 5일째에도 863.1로 CC의 1일째 경도와 비슷하였다.

케이크의 저장기간이 길어짐에 따라 부착성은 증가하였

Table 3. Moisture contents of sponge cakes containing resistant starches for storage (%)

Storage day	Samples ¹⁾				
	CC	SC	RS3C	RS4C	ARS4C
1	29.15	30.00	30.47	30.74	30.38
3	28.72	29.11	30.84	30.05	30.23
5	28.01	28.64	29.60	29.81	29.50

¹⁾See footnote of Table 1.

Table 4. Crust and crumb color of sponge cakes containing resistant starches

Samples ¹⁾	Color values					
	Crust color			Crumb color		
	L	a	b	L	a	b
CC	56.76±0.85 ²⁾	10.52±0.19 ^c	20.38±0.65 ^a	78.42±0.95 ^b	-4.60±0.13 ^c	23.26±0.36 ^{ab}
SC	59.69±0.64 ^b	9.78±0.18 ^b	21.66±0.94 ^b	81.56±1.18 ^d	-4.78±0.13 ^b	24.03±0.89 ^b
RS3C	62.06±0.72 ^c	9.86±0.24 ^b	23.96±1.29 ^d	75.50±0.76 ^a	-4.44±0.18 ^c	22.94±1.08 ^a
RS4C	61.25±1.20 ^c	9.76±0.38 ^b	22.78±0.90 ^c	80.07±0.81 ^c	-4.93±0.09 ^a	25.37±0.45 ^c
ARS4C	65.17±0.67 ^d	8.91±0.31 ^a	23.02±0.84 ^c	80.48±0.71 ^c	-4.87±0.08 ^{ab}	25.27±0.91 ^c

¹⁾See footnote of Table 1.

²⁾Values with different superscript in the same column are significantly different at p<0.01.

Table 5. Textural characteristics of sponge cakes containing resistant starches

Samples ¹⁾	Storage time	Storage time		
		1 day	3 day	5 day
CC	Hardness	882.60 ± 51.38 ^{cx2)}	1135.00 ± 93.35 ^{bcv}	1564.70 ± 98.90 ^{dz}
	Adhesiveness	-2.10 ± 0.87 ^x	-6.50 ± 0.32 ^{by}	-8.30 ± 3.40 ^{by}
	Springiness	0.87 ± 0.06	0.90 ± 0.44 ^b	0.88 ± 0.06
	Cohesiveness	0.65 ± 0.07	0.65 ± 0.07 ^b	0.59 ± 0.07 ^b
SC	Hardness	767.30 ± 72.00 ^{bx}	1156.80 ± 60.63 ^{cy}	1447.10 ± 122.51 ^{cz}
	Adhesiveness	-2.30 ± 0.82 ^x	-4.40 ± 1.17 ^{ay}	-5.30 ± 2.05 ^{ay}
	Springiness	0.86 ± 0.05	0.88 ± 0.03 ^{ab}	0.86 ± 0.03
	Cohesiveness	0.65 ± 0.07 ^y	0.59 ± 0.05 ^{axy}	0.54 ± 0.04 ^{abx}
RS3C	Hardness	975.80 ± 43.04 ^{dx}	1245.90 ± 45.47 ^{dy}	1409.40 ± 111.81 ^{bcz}
	Adhesiveness	-2.30 ± 0.82 ^x	-4.70 ± 1.76 ^{ay}	-5.30 ± 3.02 ^{ay}
	Springiness	0.87 ± 0.03	0.86 ± 0.04 ^{ab}	0.85 ± 0.04
	Cohesiveness	0.61 ± 0.05 ^y	0.54 ± 0.04 ^{ax}	0.50 ± 0.50 ^{ax}
RS4C	Hardness	544.60 ± 24.60 ^{ax}	765.40 ± 41.43 ^{ay}	863.10 ± 30.65 ^{az}
	Adhesiveness	-2.30 ± 0.87 ^x	-4.20 ± 1.22 ^{ay}	-4.10 ± 0.87 ^{ay}
	Springiness	0.86 ± 0.05	0.84 ± 0.04 ^a	0.85 ± 0.05
	Cohesiveness	0.63 ± 0.03	0.59 ± 0.07 ^a	0.57 ± 0.07 ^b
ARS4C	Hardness	795.10 ± 32.82 ^{bx}	1095.10 ± 69.54 ^{by}	1333.60 ± 150.71 ^{bz}
	Adhesiveness	-2.10 ± 0.87 ^x	-3.80 ± 0.91 ^{ay}	-6.00 ± 0.94 ^{az}
	Springiness	0.85 ± 0.05	0.84 ± 0.03 ^a	0.87 ± 0.02
	Cohesiveness	0.63 ± 0.06 ^y	0.56 ± 0.04 ^{ax}	0.59 ± 0.04 ^{hx}

¹⁾See footnote of Table 1.

²⁾Values with different superscript in the same column and row are significantly different at $p < 0.01$.

^{a-d)}Duncan's multiple range test for column. ^{x-z)}Duncan's multiple range test for row.

으며, 응집성은 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 1일째 부착성과 응집성은 케이크의 종류에 따른 차이는 없었다. 그러나 저장 3일째 CC의 부착성과 응집성이 다른 케이크들에 비하여 유의적으로 크게 나타났다. 저장기간이 길어짐에 따라 부착성과 응집성에 있어서 가장 변화가 적은 케이크는 RS4C 였는데, 저장 5일째 RS4C의 부착성은 CC의 50% 수준이었으며 응집성은 저장 1일째와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 부착성의 증가는 경도의 증가와 비슷한 경향을 보였는데 이는 빵이나 케이크의 저장시 품질저하의 주 요인인 수분 손실과 전분의 노화로 인하여 crumb에서 crust로, 즉 내부에서 바깥쪽을 향해 수분이 이동함에 따라, 내부는 단단해지고 바깥쪽은 수분으로 인한 점성이 증가함으로써 부착성이 커지는 것으로 생각된다. 즉 수분의 이동이 작을수록 부착성과 응집성의 변화가 적을 것이고, 따라서 오랫동안 케이크의 품질을 유지할 수 있으리라 생각된다.

시차주사열량기에 의한 노화도

케이크의 상대적인 노화도를 비교하기 위하여 시차주사열량기를 사용하여 측정한 DSC thermogram 특성치는 Table 6과 같다.

호화된 전분질 식품의 저장 중 진행되는 노화는 전분 분자의 재결정화 과정의 반영(28)으로서 제품의 품질을 저하시키는 중요한 요인이 되는데, 전분의 노화도를 측정하는 방법으로는 시차주사열량기 분석, X선 회절도 비교, 효소 이용법 등이 있으며, 텍스처 측정에 의한 경도의 변화로 비교하기도 한다.

Table 6. DSC characteristics of sponge cakes containing resistant starches

Samples ¹⁾	Storage day	Crystalline melting endotherm ²⁾		
		To (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)
CC	1	42.21	60.41	0.73
	3	41.62	56.67	0.70
	5	40.59	55.59	1.03
SC	1	41.80	60.26	0.72
	3	39.02	55.45	0.77
	5	40.00	62.95	0.99
RS3C	1	40.12	59.82	0.80
	3	40.63	56.00	1.07
	5	40.70	64.28	1.24
RS4C	1	43.27	58.26	0.72
	3	40.14	61.41	0.78
	5	42.79	62.96	0.87
ARSC	1	40.79	63.56	0.89
	3	41.17	58.88	1.14
	5	48.76	56.81	1.04

¹⁾See footnote of Table 1.

²⁾To: onset temperature.

Tc: conclusion temperature.

ΔH: enthalpy of endotherm.

저장 1일째 RS4C와 ARS4C의 경도가 각각 544.6, 795.1로 CC의 882.6보다 유의적으로 낮았음에도 불구하고 enthalpy (J/g)는 각각 0.72와 0.89로 오히려 CC의 0.73보다 더 크거나 비슷하였다. 저장 3일째와 5일째에도 유사한 경향을 나타내었는데 RS3C와 ARS4C에 비하여 CC와 SC의 경도가 더 컸음에도 불구하고 enthalpy는 RS3C와 ARS4C의 경우가 더

Table 7. Quantitative descriptive analysis (QDA) data for sensory evaluation of sponge cakes containing resistant starches

Samples ¹⁾	CC	SC	RS3C	RS4C	ARS4C
Crumb color	8.10±1.49	8.35±1.48	6.85±1.53	7.88±2.37	7.27±1.56
Cell uniformity	6.08±1.77	8.18±2.44	6.65±2.61	6.99±2.46	6.85±2.33
Moistness	5.36±2.00 ^{ab2)}	6.63±2.36 ^{abc}	4.95±1.50 ^a	8.22±2.36 ^c	7.08±1.55 ^{bc}
Springiness	8.76±1.76	8.26±1.90	7.32±2.00	7.64±2.47	8.69±1.88
Tenderness	5.37±2.03 ^a	6.87±1.77 ^{ab}	5.22±1.90 ^a	8.37±1.66 ^b	7.28±2.09 ^b
Overall acceptability	6.51±1.99 ^{ab}	8.03±2.39 ^b	5.59±1.84 ^a	7.80±1.65 ^b	7.48±0.91 ^b

¹⁾See footnote of Table 1.

²⁾Values with different superscript in the same row are significantly different at $p < 0.01$.

Table 8. Correlations between overall quality and other items of sensory evaluation

	Crumb color	Cell uniformity	Moistness	Springiness	Tenderness	Overall acceptability
Crumb color	1.000	-0.059	0.008	-0.188	0.005	0.025
Cell uniformity		1.000	0.157	0.123	0.260	0.398**
Moistness			1.000	0.106	0.793**	0.686**
Springiness				1.000	0.104	0.207
Tenderness					1.000	0.653**
Overall acceptability						1.000

**Significantly at $p < 0.01$.

큰 값을 보였다. 또한 저장 5일째 RS4C의 경도는 863.1로 저장 1일째 CC의 경도와 비슷하였으나 enthalpy는 저장 1일째 CC의 0.73보다 훨씬 큰 0.87을 나타내었다.

빵이나 케이크의 저장시 노화가 진행됨에 따라 아밀로오스 겔의 재결정화가 일어나고, 이에 따라 경도가 커지고 DSC의 enthalpy값이 증가하게 된다. 그러나 위의 결과를 보면 저항전분을 첨가한 스펀지 케이크의 경우는 저항전분을 첨가하지 않은 경우보다 경도가 더 낮음에도 불구하고 enthalpy는 더 큰 값을 보였는데 이는 케이크의 노화에 의한 enthalpy의 증가라기보다는 첨가한 저항전분의 결정에 의한 enthalpy의 증가라 생각된다. 즉 저항전분 첨가 케이크가 스펀지 케이크의 특성을 잘 유지하면서도 큰 값의 enthalpy를 나타낸 것으로 볼 때 저항전분은 스펀지 케이크의 품질에는 손상을 주지 않으면서 새로운 기능성 성분으로서의 역할을 할 수 있으리라 생각된다.

케이크의 관능검사 특성

케이크의 관능적 품질을 정량적 묘사 분석을 통하여 비교한 결과는 Table 7과 같다. Crumb의 색깔은 저항전분을 첨가한 경우에 더 낮은 점수를 받아서 관능검사 결과와 기계적 측정치 모두 SC가 가장 밝고, RS3C가 가장 어두운 것으로 나와 두 결과가 잘 일치함을 알 수 있었다. 촉촉함은 RS3C가 유의적으로 낮았고 RS4C가 가장 높았는데 촉촉함의 정도는 기계적 측정치 중 경도 측정결과와 반비례하였다. 또한 부드러움도 촉촉함과 유사한 결과를 나타내어서 CC와 RS3C에 비해서 RS4C와 ARS4C의 경우가 더 부드러운 것으로 나타났다. 기공의 균일성과 탄력성도 RS3C가 가장 낮게 나왔으나 다른 케이크들과 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 전반적인 기호도 측정결과는 RS3C가 다른 케이크들에 비하여

가장 낮았고, SC, RS4C 및 ARS4C는 우수한 것으로 평가되었다.

관능검사 항목 중 전반적인 기호도와 다른 항목들과의 상관관계를 조사해 본 결과(Table 8) 전반적인 기호도에 영향을 미치는 요인으로는 기공의 균일성과 촉촉함, 부드러움이었는데, 촉촉함과 부드러움은 서로간에 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

요 약

밀가루의 30%를 옥수수 전분과 옥수수 전분으로 제조한 저항전분, 즉 가열-냉각 RS 3, 가교결합 RS 4, annealed 가교결합 RS 4 저항전분으로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하였으며, 케이크의 품질을 물리적, 관능적 검사를 이용하여 비교하였다. 케이크의 부피 및 비체적은 대조군 케이크에 비하여 RS 4 첨가 케이크는 증가한 반면 ARS 4 첨가 케이크는 감소하였다. 케이크의 외형은 모두 양호한 편이었으나 대칭성은 RS 3 첨가 케이크가 가장 우수하였다. 케이크의 crust 색은 저항전분을 첨가하여 밝아졌으며, crumb 색은 RS 3 < Flour < RS4 < ARS 4를 첨가하는 순서로 밝게 보였다. 케이크의 경도는 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였는데, 저장기간 내내 RS 4 첨가 케이크의 경도가 가장 낮았다. 저장기간이 증가함에 따라 부착성은 증가하였으며, 응집성은 감소하는 경향을 나타내었는데, 부착성과 응집성에 있어서 가장 변화가 적은 경우는 RS 4 첨가 케이크였다. 시차주사열량기에 의한 노화도 측정 결과, RS 4와 ARS 4 첨가 케이크의 경도가 낮음에도 불구하고 큰 값의 enthalpy를 나타내었다. 케이크의 관능검사 결과는 RS 4와 ARS 4 첨가 케이크가 촉촉함과 부드러움에서 가장 우수하였다. 케이크의 기호

도는 RS 3 첨가 케이크가 가장 낮았으며, 생전분, RS 4 및 ARS 4 첨가 케이크는 우수한 것으로 평가되었다. 이상의 결과로 볼 때, RS 4와 ARS 4의 첨가는 스펀지 케이크의 품질 향상과 더불어 기능성 케이크로서의 역할이 기대된다 하겠다.

문 헌

1. McCullough, M.A.P., Johnson, J.M. and Phillips, J.A. : High fructose corn syrup replacement for sucrose in shortened cakes. *J. Food Sci.*, **51**, 536-542 (1986)
2. Tubbmarx, J., Marx, B.D. and Johnson, J.M. : High-fructose corn syrup cake made with all-purpose flour of cake flour. *Cereal Chem.*, **67**, 502-507 (1990)
3. Kim, C.S. and Lee, Y.S. : Characteristics of sponge cakes with replacement of sucrose with oligosaccharides and sugar alcohols. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **13**, 118-126 (1997)
4. Kim, Y.A. : Effects of fructo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide on quality and staling of cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 875-880 (1998)
5. Kook, S.U. : Usage of liquid sugars for shelf life extension of the cake. *Korean J. Food & Nutr.*, **9**, 259-264 (1996)
6. Cho, M.K. and Lee, W.J. : Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 702-706 (1996)
7. Schafer, M.A.M. and Zabik, M.E. : Dietary fiber sources for baked products : comparison of wheat brans and other cereal brans in layer cakes. *J. Food Sci.*, **4**, 375-380 (1978)
8. Lin, P.Y., Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y. : Enzyme-resistant starch in yellow layer cake. *Cereal Chem.*, **71**, 69-75 (1994)
9. Eerlingen, R.C., Van Haesendonck, I.P., De Paepe, G. and Delcour, J.A. : Enzyme-resistant starch. III. The quality of straight-dough bread containing varying levels of enzyme-resistant starch. *Cereal Chem.*, **71**, 165-170 (1994)
10. Alexander, R.J. : Resistant starch-new ingredient for the food industry. *Cereal Foods World*, **40**, 455-458 (1995)
11. Asp, N.G., van Amelsvoort, J.M.M. and Hautvast, J.G.A. : Nutritional implications of resistant starch. *Nutrition Res. Reviews*, **9**, 1-31 (1996)
12. Hylla, S., Gostner, A., Dusel, C., Anger, H., Bartran, H.P., Christl, S.U., Kasper, H. and Scheppach, W. : Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers ; possible implications for cancer prevention. *Am. J. Clin. Nutr.*, **67**, 137-142 (1998)
13. Cairns, P., Sun, L., Morris, V.J. and Ring, S.G. : Physicochemical studies using amylose as an *in vitro* model for resistant starch. *J. Cereal Sci.*, **21**, 37-47 (1995)
14. Englyst, H.N., Kingman, S.M. and Cummings, J.H. : Classification and measurement of nutritionally important resistant starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46**, S33-S50 (1992)
15. Rutenberg, M.W. and Solarek, D. : Starch derivatives : production and uses. In *Starch Chemistry and Technology*, 2nd ed., Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. (eds.), Academic Press, New York, p.324-326 (1984)
16. Mun, S.H. : Development of various resistant starches from maize starch. *Ph.D. Dissertation*, Chonnam National University, p.29-33 (2001)
17. Association of Cereal Chemist : *Approved Method of the AACCC*. 8th ed. (1983)
18. Kim, K.O., Kim, S.S., Sung, N.K. and Lee, Y.C. : *Methods & Application of Sensory Evaluation*. Sinkwang Press, Seoul, p.131-135 (1997)
19. Lee, K.H., Park, H.C. and Her, E.S. : *Statistics and Data Analysis Method*. Hyoil Press, Seoul, p.253-296 (1998)
20. Mizukoshi, M. : Pheomena of suspension (2). Thermal expansion of cake batter. *Pain*, **38**, 46-49 (1991)
21. Pyler, E.J. : *Baking Science & Technology*. Sosland publishing company, Marriam, KS, Vol. II, 997-998 (1988)
22. Hong, H.H. and Min, K.C. : *Confectionery, Bread Manufacturer Test*. Kwangungak, Seoul, p.153 (1988)
23. Korea Baking School : *Confectionery Theory*. Jaeilmunhwa, Seoul, p.442-443 (1994)
24. Lee, S.Y., Kim, C.S., Song, Y.S. and Park, J.H. : Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **30**, 48-55 (2001)
25. Lee, S.J. and Kim, M. : Physicochemical properties of potato starches crosslinked with epichlorohydrin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 132-139 (1999)
26. Yue, P. and Waring, S. : Resistant starch in food applications. *Cereal Foods World*, **43**, 690-695 (1998)
27. Song, J.Y., Lee, S.K. and Shin, M.S. : Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **6**, 188-194 (2000)
28. Leung, H.K. : Structure and properties of water. *Cereal Foods World*, **26**, 350-352 (1981)

(2001년 5월 19일 접수)