

저열량 레이어 케익 제조 공정의 최적화

김혜영B · 김양화
용인대학교 식품영양학과
(2002년 11월 19일 접수)

Optimization of the Reduced-Calorie Yellow Layer Cake Preparations

Hye Young L. Kim and Yang Hwa Kim
Department of Food Science and Nutrition, Yongin University
(Received November 19, 2002)

Abstract

Fat and sugar reduced yellow layer cake system was developed with varied replacement level of 30%, 60%, and 90% for AD(amyloextrin) and 10%, 30%, and 50% for PD(polydextrose). Physicochemical and sensory characteristics were investigated and optimum replacement level was also decided using response surface methodology. Sample groups of PD10AD30 had significantly the lowest specific gravity and viscosity, indicating the stable batter system with high air incorporation. Sample groups with PD10AD90 showed the highest volume index and were not significantly different from those of the PD10AD30. Sensory results indicated that PD30AD30 were significantly the most springy and moist, and the least hard of all sample groups. Sample groups with PD10AD90 had the least adhesiveness value. To establish the optimum substitution level using RSM, the restriction level was set up as moistness over five point, hardness under five points, and adhesiveness under four points. The optimum substitution level was 20% for PD and 88% for AD.

Key Words : Optimization, reduced-calorie cake, sensory evaluation

I. 서론

최근 제과·제빵 류가 우리 식생활에 대중화되어 소비량이 급속히 증가하고 있는 추세이다. 그러나 이들은 설탕과 지방의 함량이 높은 식품으로 영양 상 불균형을 초래할 수 있는 문제점이 있다. 이미 서양에서는 지방과 설탕의 과잉 섭취로 인한 각종 성인병, 비만 증세를 보임에 따라 저 열량 다이어트 식이나 설탕 또는 지방을 대체할 수 있는 식품 개발에 대한 많은 연구를 하고 있다.

지방대체제는 유지 고유의 특성인 향미, 조직, 유화

성, 응집성, 부착성, 유희성, 및 크림성 등을 부여하면서 열량을 공급하지 않거나 적게 공급하는 물질이다. 저열량 식품에 이용되는 지방대체제로서 변성전분을 이용하는 이유는 식감과 저장성 향상 및 비용절감의 효과를 갖기 때문이다¹⁾. 대부분의 케익류는 밀가루 중량 기준으로 평균 50% 이상의 지방을 함유하므로²⁾ 케익류에 지방대체제로서 변성전분을 이용하면 열량을 크게 낮출 수 있다⁴⁻⁶⁾. 지방대체제로서 아밀로덱스트린(amyloextrin, AD)은 점도 증진, 농후화, 유화성, 안정성, 포집성 및 거품 형성 능력을 가지며, 지방과 비슷한 조직감을 갖는 크림을 형성한다⁷⁾. 또한 최근 식품업계

에서는 설탕대체제의 개발뿐만 아니라 설탕을 사용하지 않거나 거의 사용하지 않는 식품을 개발하고 있으며, 신중 당질 감미료를 제과·제빵분야에 적용하는 연구를 하고 있다^{8,9)}. 폴리덱스트로즈(polydextrose, PD)는 포도당과 솔비톨 및 소량의 구연산을 감압하에서 가열 축합시킨 것을 정제하여 만들며, 감미도가 거의 없고 수용성 식물섬유이다. 인체 내에서 에너지로서 거의 이용되지 않는 저 칼로리(1 Kcal/g) 당으로 무미, 무취의 물질이다. 무설탕 과자제조에 PD를 사용시 칼로리 감소할 수 있으며, 체적과 볼륨 부여하고, 조직감, 작업적성의 향상, 품질향상, 및 기능성 부여 등의 목적으로 사용되고 있다¹⁰⁾. 설탕대체제로서 각광을 받고 있는 인공 감미료인 아스파탐(Aspartame: ASP)은 아스파틴산(Aspartic acid)과 페닐알라닌(Phenylalanine)을 결합시킨 아미노산계 인공 감미료로 설탕의 200배 이상의 단맛을 가지고 다른 감미료에 비하면 설탕과 가장 유사한 단맛을 가지며, 저열량 제품 개발에 많이 연구되고 있다¹¹⁻¹³⁾.

본 연구는 AD와 PD를 포함한 옐로 레이어케익의 지방 대체 효과⁴⁾에 대한 후속 연구로서, 지방과 설탕 대체의 수준을 달리하여 제조한 저열량 옐로우 레이어 케익의 이화학적 및 관능적 특성을 비교하였다. 또한 최적조건 설정을 통해 설탕과 지방을 동시에 대체한 경우 저열량 옐로우 레이어 케익의 개발 가능성을 시도하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

실험에 사용한 AD는 전량을 실험 전에 제조하여 사용하였다. AD의 제조에는 (주)삼양제넥스의 옥수수전분을 사용하였으며, 전분 분해 시 사용산 산-알콜 혼합용액에는 36% HCl과 99.9% ethyl alcohol을 사용하였다.

케익 제조를 위해 사용된 재료는 박력분(삼양사(주)밀맥스, 서울), 설탕(삼양사(주), 서울), 쇼트닝((주)하인즈), 소금(한주소금, 서울), 베이킹 파우더((주)JENICO, 서울), 탈지분유(서울우유, 서울), PD(Pfizer Idc. NY) 및 sucrose ester(Shin Emulsifier Co, LTD, Seoul)는 실험 전에 전량을 한꺼번에 구입하였고, ASP((주)대상, 서울)은 순도 99.9%의 것을 사용하였다. 계란은 매번 신선한 것을 구입하여 사용하였다. 실험에 필요한 AD는 일부 변형된 Jane¹⁴⁾의 방법을 이용하여 전량 제조하여 사용하였다.

2. 레이어 케익의 제조

옐로우 레이어 케익은 전형적인 옐로우 레이어 케익 formula를 일부 수정하여 사용하였다. 케익 시료는 여러 번의 예비 실험을 통하여 설탕 대체제로 PD를 10%, 30% 및 50% 수준으로 대체하였으며, 설탕의 200배에 해당하는 ASP의 당도를 계산하여 첨가하였다.

<Table 1> Basic formulation for cake

Ingredients	Flour weight basis (%)								
	I ²⁾	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Flour	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Nonfat dried milk	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Baking powder	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Salt	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Whole egg, fresh	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
Water	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
Sucrose ester	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Shortening	35.0	20.0	5.0	35.0	20.0	5.0	35.0	20.0	5.0
AD ¹⁾	15.0	30.0	45.0	15.0	30.0	45.0	15.0	30.0	45.0
Sugar	99.0	99.0	99.0	77.0	77.0	77.0	55.0	55.0	55.0
PD ¹⁾	11.0	11.0	11.0	33.0	33.0	33.0	55.0	55.0	55.0
ASP ¹⁾	0.0055	0.0055	0.0055	0.0165	0.0165	0.0165	0.2750	0.2750	0.2750

¹⁾ PD: polydextrose, AD: amyloextrin, ASP, aspartame.

²⁾ PD10AD30, II: PD10AD60, III: PD10AD90, IV: PD30AD30, V: PD30AD60, VI: PD30AD90, VII: PD50AD30, VIII: PD50AD60, IX: PD50AD90.

지방 대체제로는 AD를 30%, 60% 및 90%의 세 수준으로 대체하여 모두 9가지의 시료군들은 이후 각각 PD10AD30, PD10AD60, PD10AD90, PD30AD30, PD30AD60, PD30AD90, PD50AD30, PD50AD60 및 PD50AD90으로 나타내기로 하였다(Table 1).

케익은 일부 변형된 단단계법(modified single stage mixing method)으로 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 먼저 Kitchen Aid mixer (model K5SS, USA)의 믹싱 볼에 쇼트닝을 넣고 speed 2에서 1분 이상 분산시키고 박력분, 탈지분유, 베이킹 파우더, 소금, 설탕, PD 및 ASP를 한꺼번에 체를 쳐서 넣고 speed 2에서 1분간 골고루 분산시켰다. 여기에 AD, 계란과 수화 전처리된 sucrose ester를 넣고 speed 2에서 30초간 섞고, 고무주걱으로 믹싱볼의 반죽을 깨끗이 긁어모은 다음 speed 10에서 2분 30초간 믹싱 하였다. 믹싱이 끝난 후 케익반죽을 직경 6 inch 원형 팬에 340g씩 담아 170°C의 전기 데크 오븐(HSDO 2002, Hanyoung bakery machinery Co, Korea)에서 35분간 구운 후 실온에서 냉각하였다.

3. 이화학적 특성

반죽의 특성을 알기 위해 비중(specific gravity), 점도(viscosity) 및 pH를 측정하였다. 반죽의 비중¹⁵⁾은 같은 부피의 물의 무게에 대한 시료의 무게의 비율(g/g)로 계산하였다. 반죽의 점도는 Line spread test를 변형하여 사용하였다. 높이 2.5cm, 지름5cm인 원통을 눈금이 있는 template에 올려놓고 시료를 담고 여분의 시료는 스파츨라로 깎아낸 다음 원통을 들어내고 반죽을 10분간 방치하여 사방으로 퍼지는 거리의 평균값을 측정하였다. pH는 100ml 비이커에 반죽 20g과 증류수 80ml를 넣고 충분히 교반시킨 후 pH meter (Coming pH meter 440, USA)로 측정하였다¹⁶⁾.

케익의 부피(volume), 대칭성(symmetry) 및 균일성(uniformity)에 대한 지수(index)는 AACC method 10-91에 따라 수정한 template를 이용하였다. 케익은 중심부를 절단하여 보여주는 crumb 부분을 양끝단에 A와 E를 표시하고 중심선을 C로 표시하였다. A와 C사이에 B의 선을, C와 E사이에 D선을 표시하고 케익의 부피, 대칭성 및 균일성 지수를 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

$$\text{volume index} = B + C + D$$

$$\text{symmetry index} = 2C - B - D$$

$$\text{uniformity index} = B - D$$

케익의 색도는 분광광도계(Color JC801, Color techno

system Co, Ltd, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값과 $\Delta E(ab)$ 의 값을 측정하였다. 표준 색판으로는 백판(L=98.63, a=0.19, b=-0.67)을 사용하였다. 이때 ΔL , Δa , Δb 의 값은 백판의 L, a 및 b값과 시료의 L, a 및 b 값의 차이 값이다.

또한 케익의 기계적 특성을 Rheometer (COMPAC-100, sun scientific Co, LTD, Japan)를 사용하여 측정하였다. Rheometer의 측정 조건은 Max wt 2kg, Distance 50 %, Table speed 240 mm/min, Mastication 2 bites, 및 probe : $\pi 15$ mm이었다.

모든 이화학적 특성 측정은 3회 반복하여 실시하여, 결과는 SAS/STAT¹⁷⁾를 이용하여 분산 분석하였고 시료간 평균치 차이의 유무는 Duncan's multiple range test에 의해 비교 분석하였다.

4. 관능적 특성

케익 시료는 관능검사하기 3시간 전에 제조하여 실온에서 준비하였다. 검사 전에 케익의 crumb 부분을 $2 \times 2 \times 1.5\text{cm}^3$ 크기로 썰어 임의의 세자리 숫자를 적은 접시에 담아 제시하였다. 모든 시료의 평가 사이에 입가심을 할 수 있도록 증류수와 빨는 컵을 함께 제시하였다. 관능검사는 개인 칸막이 검사대가 설치된 관능검사실에서 수행되었다.

5. 관능검사를 위한 실험 설계

관능검사 시 PD 및 AD를 달리한 9종류의 케익의 시료를 한번에 검사할 때 생길 수 있는 둔화현상의 문제를 해결하기 위해 3²요인계획의 블록 교락화 실험 계획(Block confounding scheme for 3×3 factorial experiments)을 사용하였다. 이 실험에 사용한 통계모형은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_{12} + \beta_{22} X_{22}$$

시료간의 관능적 특성의 통계분석은 SAS/STAT를 이용하여 분산 분석하였고 시료간 평균치 차이의 유무는 Duncan's multiple range test에 의해 비교 분석하였다. 또한 SAS/STAT의 GLM(General linear Model)과 RSREG (Reponse Surface Analysis by Least-Square Regression)의 3차원 분석을 통하여 최적화 조건을 제시하였다.

6. 관능검사 요원의 훈련 및 평가방법

관능검사 요원은 관능검사 경험이 있는 식품영양학

을 전공하는 대학생 9명으로 선정하였다. 예비 훈련을 통하여 시료의 검사 특성을 개발하고 각 특성의 정의를 확립한 후 PD30AD60을 기준시료로 하여 특성의 강도 측정 방법을 결정하였다. 평가된 특성은 탄력성 (springiness), 촉촉한 정도(moistness), 단단한 정도 (firmness), 부착성(adhesiveness), 삼키기 쉬운 정도(ease of swallow) 그리고 후미(after taste)였다. 패널요원은 특성의 개념과 강도에 대한 안정된 판단 기준이 확립 되어 측정 능력의 재현성이 인정될 때까지 계속하여 훈련한 뒤 실험에 임하도록 하였다. 관능검사 요원들은 9점 척도를 이용한 케익의 관능 검사표에 각 특성 별로 느끼는 강도를 표시하도록 하였다. 특성 평가 시 1점으로 갈수록 특성의 강도가 약해지고, 9점으로 갈수록 특성의 강도가 강해지는 것을 나타내도록 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

엘로우 레이어 케익반죽의 비중과 점도 및 pH를 분산 분석한 결과는 <Table 2>와 같다. 반죽의 공기 보유력과 거품형성 능력은 반죽의 비중과 관련이 있다. 반죽의 비중은 PD10AD30 대체 시료군이 0.80으로 가장 많은 공기가 유입되었음을 보여주었다($p < 0.05$). 그다음으로 PD30AD30 대체 시료군과 PD30AD60대체 시료군의 비중이 0.87과 0.88을 보여 주었으며 이는 PD50AD30 대체 시료군과 PD50AD90 대체 시료군의 비중(각각

0.88과 0.87)과 유의적 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 반죽의 점도는 PD10AD30 대체 시료군이 5.29로 가장 낮은 수치를 나타내어 반죽의 높은 안정성을 보였다. PD30에 대체 시료군은 AD의 모든 대체 시료군에서 5.82에서 5.91의 수치를 보이며 PD50AD30 대체 시료군과 PD50AD60 대체 시료군의 점도가 각각 5.74와 5.78로 유의적으로 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).

Pateras등¹⁸⁾은 PD 대체량이 증가할수록 pH값이 감소한다고 하였다. 본 연구에서 pH는 대체로 PD의 대체 수준이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. Ash 등¹⁹⁾에 의하면 pH 적정점으로부터 낮아질수록 케익의 입자는 더욱 단하고 미세해지며 케익의 부피가 감소한다. 또한 적정점 이상으로 pH가 높아지면 입자는 거칠게 되며 두꺼운 세포벽, 거친 조직감을 갖는다고 알려져 있다. 전형적인 케익의 최적 pH 범위는 pH 6.7에서 pH 7.5 범위이며 본 실험에서는 PD를 30% 이상 대체한 모든 시료군이 pH 7.40에서 pH 7.56의 범위를 보였다.

본실험에서 PD와 AD를 대체하여 만든 저열량 케익의 형태는 <Fig. 1>과 같다. 이들 케익의 부피 지수는 <Table 3>에서와 같이 PD10AD90 대체 시료군이 18.87의 값을 보이며 유의적으로 가장 큰 부피지수를 나타내었다($p < 0.05$). PD의 대체량이 증가할수록 부피가 유의적으로 감소하는 경향을 보인 것은 높은 농도의 PD 케익 반죽에 형성된 거품의 체계가 불안정하여 케익을

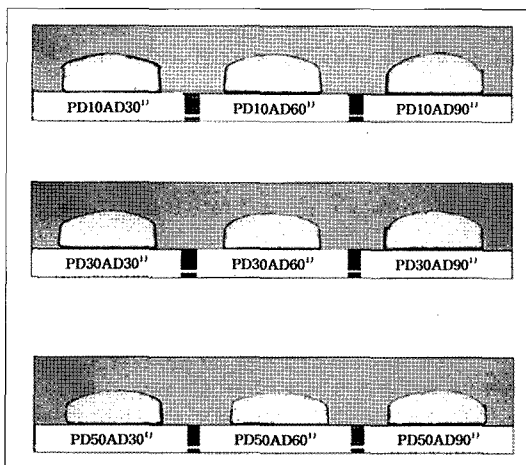
<Table 2> Specific gravity, viscosity and pH of the reduced-calorie yellow layer cake batters¹⁾

PD(%) ²⁾	AD(%) ²⁾	S.G(g/g)	Viscosity(cm)	pH
10	30	0.80d	5.29c	7.54b
	60	0.94a	6.17a	7.73a
	90	0.92b	6.19a	7.74a
30	30	0.87c	5.91b	7.40c
	60	0.88c	5.82b	7.56b
	90	0.92b	5.82b	7.55b
50	30	0.88c	5.74b	7.40c
	60	0.90b	6.15a	7.42c
	90	0.87c	5.78b	7.40c

1) Means of three replication Same letters in a column are not significantly different each other($p < 0.05$).

2) PD: polydextrose, AD: amyloextrin.

3) S.G: specific gravity.



<Fig. 1> Photographs of the reduced-calorie yellow layer cakes

1) PD10AD30, PD10AD60, PD10AD90, PD30AD30, PD30AD60, PD30AD90, PD50AD30, PD50AD60, PD50AD90; Mixture ratios of polydextrose and amyloextrin by 10% to 30%, 10% to 60%, 10% to 90%, 30% to 30%, 30% to 60%, 30% to 90%, 50% to 30%, 50% to 60%, and 50% to 90%, respectively.

<Table 3> Indices of volume, symmetry and uniformity of the reduced-calorie yellow layer cakes¹⁾

PD(% ²⁾)	AD(% ²⁾)	Volume Index	Symmetry Index	Uniformity Index
10	30	18.27 ^{bc}	0.47 ^c	0.07 ^{ab}
	60	18.60 ^{ab}	0.97 ^a	0.13 ^{ab}
	90	18.87 ^a	1.03 ^a	0.23 ^a
30	30	17.80 ^d	0.90 ^{ab}	0.23 ^a
	60	17.03 ^c	0.77 ^{ab}	0.10 ^{ab}
	90	18.00 ^{cd}	0.97 ^a	0.17 ^{ab}
50	30	16.40 ^f	0.87 ^{ab}	0.13 ^{ab}
	60	15.27 ^g	0.63 ^{bc}	0.03 ^b
	90	16.13 ^f	0.87 ^{ab}	0.20 ^{ab}

¹⁾ Means of three replication Same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).

²⁾ PD: polydextrose, AD: amyloextrin.

구울 때 거품조각이 파괴되어 부피지수가 낮게 측정되기 때문에 사려된다. 한편 AD는 반죽내에서 단백질과 함께 완성된 케익이 식으면서 부피가 줄어드는 것을 막는 구조를 만들기 때문에 부피를 안정적으로 유지하는데 도움을 준다고 알려져 있다^{4,7)}.

케익의 대칭성 지수는 PD10AD90 대체 시료군이 1.03의 수치로 대칭성이 유의적으로 크게 나타났다. 케익의 균일성 지수는 0.03에서 0.23의 수치를 보이며 모든 시료군에서 비슷한 경향을 보였다.

저열량 케익의 색도를 분산 분석한 결과는 <Table 4>에 나타내었다. 명도를 나타내는 L 값은 PD50AD60 대체 시료군에서 69.32를 나타내어 가장 어두운 것으로 나

<Table 4> Color values of cake crumb¹⁾

PD(% ²⁾)	AD(% ²⁾)	L ³⁾	a ³⁾	b ³⁾	ΔE(ab) ³⁾
10	30	74.30 ^a	1.67 ^b	27.24 ^{bc}	37.07 ^c
	60	73.24 ^a	1.73 ^b	25.66 ^c	36.62 ^e
	90	73.36 ^a	1.68 ^b	27.24 ^{bc}	37.70 ^{de}
30	30	72.68 ^{ab}	2.00 ^{ab}	29.38 ^{bc}	39.74 ^{bc}
	60	72.40 ^{ab}	2.83 ^{ab}	26.42 ^c	37.74 ^{dc}
	90	73.43 ^a	2.73 ^{ab}	26.21 ^c	36.95 ^e
50	30	70.71 ^{bc}	2.75 ^{ab}	29.05 ^{ab}	40.89 ^b
	60	69.32 ^c	2.96 ^{ab}	30.96 ^a	43.24 ^a
	90	73.58 ^a	3.06 ^a	29.31 ^{ab}	39.0 ^{cd}

¹⁾ Means of three replication. Same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).

²⁾ PD: Polydextroses, AD: Amyloextrin.

³⁾ L: Light scale (100=pure white, 0=black), a: (+red, -green), b: (+yellow, -blue),

$$\Delta E(ab) = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

타났다(p < 0.05). PD50AD30 대체 시료군과 PD50AD60 대체 시료군을 제외한 시료군들에서는 72.40에서 74.30의 값으로 명도가 밝은 것으로 나타났다. 황색도를 나타내는 b 값은 PD10 대체 시료군들과 PD30 대체 시료군들 간에는 유의적으로 차이를 나타내지는 않았다. PD50 대체 시료군들 간에도 차이를 나타내지는 않았으나 PD10 대체 시료군들과 PD30 대체 시료군들보다 더 낮은 b 값을 나타내어 황색도가 높은 것으로 평가되었다(p < 0.05). ΔE(ab) 값은 PD50AD60 대체 시료군이 43.24로 가장 높은 값을 나타내어 다른 시료군들과의 색도의 차이가 가장 큰 것으로 나타났다(p < 0.05).

<Table 5> Textural characteristics¹⁾ of sponge cake using rheometer

Treatment		hardness	springiness	cohesiveness	adhesiveness	gumminess
PD ²⁾	AD	(dyne/cm ²)	(%)	(%)	(g)	(g)
10	30	23020 ^{cd}	22.98 ^{ab}	15.85 ^a	0.33 ^{ab}	4.92 ^{bc}
	60	40174 ^a	30.61 ^{ab}	13.64 ^a	0.67 ^{abc}	10.36 ^a
	90	35619 ^{abc}	33.04 ^a	23.08 ^a	1.00 ^{bc}	8.94 ^{ab}
30	30	20445 ^d	24.27 ^{ab}	17.43 ^a	0.00 ^a	3.70 ^c
	60	33820 ^{abc}	26.96 ^{ab}	17.75 ^a	1.00 ^{bc}	6.69 ^{abc}
	90	34572 ^{abc}	27.82 ^{ab}	20.54 ^a	0.67 ^{abc}	7.59 ^{abc}
50	30	24847 ^{bcd}	21.18 ^b	16.29 ^a	0.67 ^{abc}	4.52 ^c
	60	31315 ^{abcd}	25.71 ^{ab}	17.78 ^a	1.33 ^c	6.30 ^{abc}
	90	37799 ^{ab}	24.79 ^{ab}	18.80 ^a	1.33 ^c	7.15 ^{abc}

¹⁾ Means of three replication. Same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).

²⁾ PD: Polydextroses, AD: Amyloextrin.

저열량 케익의 기계적 조직감 특성 결과, <Table 5>와 같이 약간의 유의차를 나타내었다. 경도는 PD10AD60 시료군이 40,174 dyne/cm²으로 가장 높았으며, PD30AD30 시료군이 20,445 dyne/cm²으로 가장 낮았다(p < 0.05). 탄력성은 PD10AD90 시료군이 33.04%로 가장 탄력이 컸으며, PD50AD30 시료군이 21.18%로 가장 낮은 탄력성을 보였다. 대체로 경도와 탄력성은 AD대체율이 커질수록 증가하는 경향이며, PD대체율이 커질수록 감소하는 경향을 보였다. 응집성은 모든 시료군에서 유의차를 보이지 않았다. 부착성은 PD30AD30 시료군이 가장 0.00g으로 부착성이 없다고 평가되었고, PD50AD60시료군과 PD50AD90 시료군의 부착성이 1.33g 으로 시료군들 중에 가장 높게 평가되었다. 검성은 PD10AD60 시료군이 가장 컸으며, PD50AD30 시료군이 가장 낮게 평가되었다. 부착성과 검성은 동일PD 대체 시료군내에서, AD대체율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

2. 레이어 케익의 관능적 특성

엘로우 레이어 케익에 대체제인 PD와 AD를 혼합 사용하여 제조한 저열량 케익의 관능적 특성을 <Table 6>에 나타내었다.

탄력성은 PD30AD30 대체 시료군이 8.33으로 가장 높은 수치를 나타내어 탄력성이 크게 평가되었다(p < 0.05). PD를 10%로 대체한 모든 시료군에서의 탄력성은 모두 6.33으로 PD30AD30 대체 시료군보다 유의적으로 낮은 탄력성을 보였다. PD50AD90 대체 시료군은 1.33으로 가장 낮은 탄력성을 나타내었다. 촉촉한 정도는 모든 시료군에서 유의차를 보이지 않았으나

PD30AD30 대체 시료군이 다른시료군 보다 촉촉한 경향을 보였다. 단단한 정도는 PD30AD30 대체 시료군이 2.67로 유의적으로 가장 단단한 정도가 낮은 것으로 나타났고(p < 0.05), PD50AD90 대체 시료군이 7.33으로 가장 단단하게 평가되었다. 부착성은 PD10AD90 대체 시료군에서 2.67로 낮은 수치를 나타내어 부착성이 가장 낮았으며, 그 다음으로 PD10AD30 대체 시료군이 3.00의 수치로 유의적으로 더 낮은 부착성을 나타내었다(p < 0.05). PD50AD60 대체 시료군과 PD50AD90 대체 시료군에서 각각 8.00과 7.67로 유의적으로 가장 큰 부착성을 나타내었다. 삼키기 쉬운 정도는 PD50AD60 대체 시료군과 PD50AD90 대체 시료군이 각각 8.00과 7.67으로 높은 수치를 나타내어 삼키기가 어렵다고 평가되었고, PD10AD90 대체 시료군은 3.00으로 가장 낮은 수치를 나타내어 삼키기가 가장 쉽다고 평가되었다. 후미는 PD10AD30 대체 시료군이 3.33으로 가장 약한 것으로 나타났으며, PD50AD90 대체 시료군은 8.33의 수치를 나타내어 후미가 강한 것으로 나타났다.

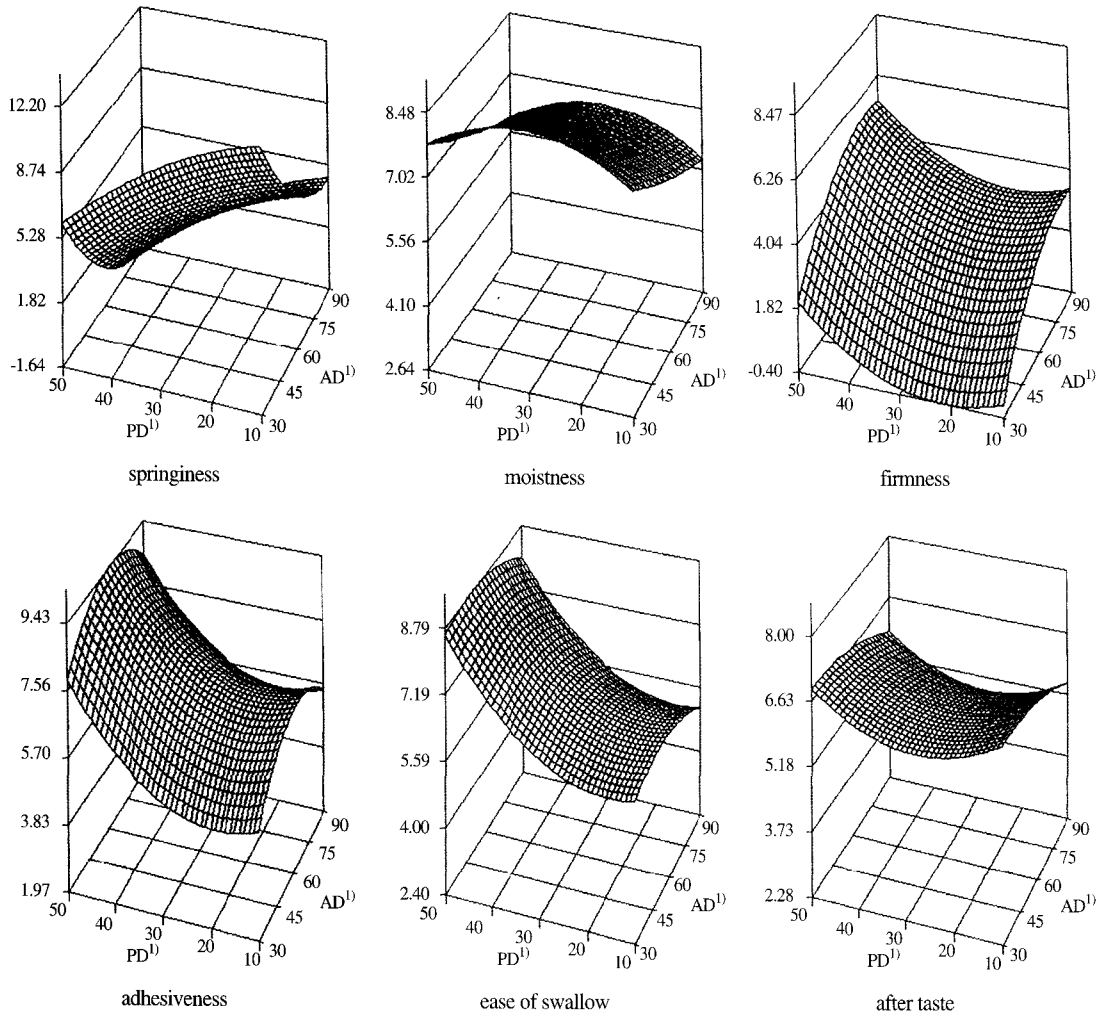
3. 최적 조건의 결정

엘로우 레이어 케익에 PD와 AD를 혼합 사용하여 제조한 저열량 케익의 최적 조건을 결정하기 위하여 관능적 특성의 결과를 토대로 케익의 품질에 많은 영향을 끼친다고 생각되는 촉촉한 정도, 단단한 정도 및 부착성을 고려하였다. 다항회기식과 3차원 표면도(Fig. 2)를 이용하여 얻은 기대값으로 살펴본 결과 저열량 케익의 특성인 촉촉한 정도가 크면서 부착성이 적으며, 후미가 낮은 처리수준에서 제한수준을 설정하였다. 즉, 촉촉한 정도가 5점 이상이면서 단단한 정도가 5점

<Table 6> Sensory characteristics¹⁾ of the reduced-calorie yellow layer cakes

PD(%) ²⁾	AD(%) ²⁾	SP ³⁾	MO ³⁾	FM ³⁾	AD ³⁾	ES ³⁾	AT ³⁾
10	30	6.33 ^b	5.00 ^a	4.00 ^{cde}	3.00 ^{et}	3.67 ^{bc}	3.33 ^c
	60	6.33 ^b	4.67 ^a	4.67 ^{bcd}	6.33 ^b	5.33 ^{abc}	6.33 ^{abc}
	90	6.33 ^b	3.33 ^a	4.00 ^{cde}	2.67 ^f	3.00 ^c	4.00 ^{bc}
30	30	8.33 ^a	6.67 ^a	2.67 ^e	4.00 ^{de}	5.00 ^{abc}	5.00 ^{abc}
	60	3.00 ^{de}	5.00 ^a	5.33 ^{bc}	5.33 ^{bc}	5.33 ^{abc}	5.33 ^{abc}
	90	3.33 ^{cd}	5.33 ^a	4.00 ^{cde}	4.67 ^{cd}	4.67 ^{abc}	4.67 ^{bc}
50	30	5.00 ^{bc}	6.00 ^a	3.33 ^{de}	6.00 ^b	6.33 ^{abc}	5.67 ^{abc}
	60	2.33 ^{de}	6.00 ^a	6.33 ^{ab}	8.00 ^a	8.00 ^a	7.00 ^{ab}
	90	1.33 ^e	3.67 ^a	7.33 ^a	7.67 ^a	7.67 ^{ab}	8.33 ^a

1) Means of three replication. same letters in a column are not significantly different each other(p<0.05).
 2) PD: Polydextrose, AD: Amylodextrin.
 3) SP: springiness, MO: moistness, FM: firmness, AD: adhesiveness, ES: ease of swallow, AT: after taste.



<Fig. 2> Plots of response surface for the reduced-calorie yellow layer cakes

¹⁾ PD: polydextrose, AD: amylopectin.

이하이며 부착성이 4점 이하인 수준에서 삼킬 수 있는 정도와 후미가 낮은 수준에서 최적조건을 결정하였다. 결과로 PD와 AD를 이용하여 제조한 저열량 케익의 최적 수준은 PD 20%와 AD 88% 대체하는 케익을 결정되었다. 이 수준에서 각각의 특성에 대한 기대 반응 값은 촉촉한 정도는 5.01, 단단한 정도는 4.44 및 부착성은 3.89였다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 AD와 PD를 부분적으로 대체한 저열

량 옐로우 레이어 케익을 개발하여 이화학적 특성, 관능적 특성 및 최적조건을 조사하였다. 반죽의 비중은 PD10AD30 대체시료군이 가장 낮은 수치를 보여 반죽에 공기의 유입이 많았음을 보였고 점도는 PD10AD30 대체 시료군이 유의적으로 낮은 수치를 보여 높은 점도를 나타내었다. 시료의 pH는 PD의 대체수준이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. 케익의 부피 지수는 PD10AD60 대체 시료군과 PD10AD90 대체 시료군이 유의적으로 높은 부피지수를 나타내었는데 AD는 반죽 내에서 단백질과 함께 완성된 케익이 식으면서 부피가 줄어드는 것을 막는 구조를 만들기 때문으로 생각되었다. 관능검사 결과 탄력성은 PD30AD30 대체 시료군이

가장 크게 나타났고, 촉촉한 정도는 PD30AD30 대체 시료군이 가장 촉촉한 것으로 나타났다. 단단한 정도는 PD30AD30 대체 시료군이 가장 단단한 정도가 적은 것으로 평가되었고, 부착성은 PD10AD90 대체 시료군의 부착성이 가장 낮은 것으로 평가되었다. 관능적 특성의 결과를 토대로 지방 대체제와 설탕 대체제를 이용하여 제조한 케익의 최적조건은 반응표면 분석을 이용하여 촉촉한 정도가 5점 이상이면서 단단한 정도가 5점 이하이며 부착성이 4점 이하인 수준의 조건을 고려하여 PD20%와 AD88%를 대체하여 제조한 케익으로 결정하였다. 이에 최적 조건으로 제조한 케익의 실용화 가능성을 위한 후속연구를 하여 저열량 케익 제조 개발에 있어서 대체제로서 PD와 AD의 상호작용에 대한 연구 및 다른 여러 종류의 대체제를 이용한 저열량 케익의 개발 및 최적 조건에 대한 연구가 계속 되어야겠다. 대체제를 이용한 저열량 케익은 표준 제품들과 비교하여 품질의 고급화를 위한 연구가 더 필요하며, 이를 소비자 검사를 통해 제품화시킬 수 있도록 하고, 대중화 시켜 일반인들의 다양한 식생활에 이용될 뿐만 아니라 보충 식이로서 이용할 수 있도록 하여야겠다.

감사의 글

본연구에서 시료중의 하나인 amyloextrin의 제조를 도와주신 고려대학교 생명공학원 임승택교수님께 감사드립니다.

■참고문헌

- 1) Kamel, Basil S. and S. Washnuik. Composition and sensory quality of shortening-free yellow layer cakes. *Cereal Foods World* 28: 731-734, 1983.
- 2) Conforti, D. Frank. Stacey A. Charles, and Susan E. Duncan. Evaluation of a carbohydrate-based fat replacer in a fat-reduced baking powder biscuit. *J. of Food Quality* 20: 247-256, 1997.
- 3) Trudso, J. E. Use of hydrocolloids in the design of low-calorie foods. *Low-Calorie Products*, Elsevier applied science, NY, 1988.
- 4) Hye Young L. Kim, Hyeon Won Yeom, Hyesook S. Lim, and S eung-Taik Lim. Replacement of shortening in yellow layer cakes by corn dextrins. *Cereal Chem.* 78: 267-271, 2001.
- 5) Fryer, Amanda M, and Carole S. Setser. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chem.* 69: 338-342, 1991.
- 6) Chun J, Lim S, Takeda Y. and M. Shoki. Properties of high crystalline rice amyloextrins prepared in acid-alcohol media as fat replacers. *Cereal Food World.* 42: 814-819, 1997.
- 7) Lim, Sung Tak. Modified starches in foods. *Food Technology* 10: 51-67, 1997.
- 8) Chang Soon Kim and Young Soon Lee. Characteristics of sponge cakes with replacement of sucrose with oligosaccharides and sugar alcohols. *Korean J. Soc. Food sci.* 13: 204-207, 1997.
- 9) Hess, D. A. and Carole S. Setser. Alternative systems for sweetening layer cakes using aspartame with and without fructose. *Cereal Chem.* 60: 337-341, 1983.
- 10) Kim, Sangyoung, Duckgun Oh, Sucksin Kim and Chulje Kim. New sweeteners used in sugar-free cookie preparation. *Food Science and Industry* 29:53-61, 1996.
- 11) Daeseok Han and Hyun Kyung Shin. Aspartame. *Korean J. Food Sci. Techol.* 19: 456-462, 1987.
- 12) Homler, S. E. Properties and stability of aspartame. *Food Technol.* 38: 50-55, 1984.
- 13) Matysiak, N. L. and A. C. Noble. Comparison of temporal perception of fruitness in model systems sweetened with aspartame, an aspartame+acesulfame K blend or sucrose. *J. Food Sci.* 56: 823-826, 1991.
- 14) Jane, J., Shen, L., Wang, L. and C. C. Maningat. Preparation and properties of small-paricle corn starch. *Cereal Chem.* 69: 280-283, 1992.
- 15) Mcwilliams, Margaret. *Foods, Experimental Perspectives*, 2nd ed. Macmillan Publishing Company, NY, 1993.
- 16) Fondroy, E. B., White, P. J. and K. J. Prusa. Physical and sensory evaluation of lean white cakes containing substituted fluffy cellulose. *Cereal Chem.* 66: 403-407, 1989.
- 17) SAS Institute. *SAS User's Guide, Statistical Analysis System Institute.* Cary, NC, 1996.
- 18) Pateras I .M., C, K. F. Howells. and A. J. Rosenthal. Hot-stage microscopy of cake batter bubbles during simulated baking: sucrose replacement by polydextrose. *J. Food Sci.* 59: 168-178, 1994.
- 19) Ash, David J. and J. C. Colmey. The role of pH in cake baking. *The Baker Digest* 2: 36-68, 1973.