

Whey Protein Isolate(WPI)의 대체비율을 달리한 스폰지 케이크의 품질 특성에 관한 연구

김찬희* · 안명수

성신여자대학교 생활과학대학 식품영양학과

The Quality Characteristics of Sponge Cake with Varied Levels of Whey Protein Isolate

Chan-Hee Kim*, Myung-Soo Ahn

Department of Food & Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract

The substitution effects of whey protein isolate(WPI) for egg in the preparation of sponge cake were determined by objective and subjective tests. Milk whey is drained from milk curd as a by-product of cheese manufacture. Whey protein is known as a good nutritional source and a functional material for many processed foods, especially baked goods. WPI contains above 90% whey protein. The specific gravity and viscosity of sponge cakes tend to be affected by WPI substitution. The cooking loss of sponge cakes with WPI substituted for egg(abbreviated as WPI cake) during oven baking was smaller than that made with egg(abbreviated as egg cake) and the specific loaf volume of WPI cake was larger than that of egg cake. The number of pores was highly increased and the size of pores was more uniformly and finely distributed in the cross section of WPI cake than those of egg cake, as observed by scanning electron microscopy(SEM). The hardness, gumminess and chewiness of WPI cake made with 10-20% WPI substitution were the lowest among all the tested cakes, including egg cake, thereby confirming the considerable improvement in their cake qualities. By the results of sensory evaluation, appearance, pore uniformity, softness, chewiness, moistness, flavor, mouth feeling, and overall acceptability of 10-20% WPI substitute cakes were evaluated as being significantly superior to those of all other cakes($p<0.05$). These results support the better physicochemical characteristics and sensory evaluations of sponge cake prepared with 10-20% of WPI substitution for egg.

Key words : whey protein isolate, egg substitution

1. 서 론

맛벌이 부부 및 독신생활자가 증가하고 있는 사회구조의 변화와 더불어 제과제빵 품목의 소비도 해마다 증가하고 있다. 또한 국민들의 건강에 대한 관심이 증

가함에 따라 빵과 케이크류의 소비 추세도 기능성 및 저열량 제품에 대한 선호도로 급속히 바뀌고 있는 실정인어서 고정화된 제과제빵의 이미지를 개선시키기 위하여 기능성이 있는 빵, 과자 제품이 개발되고 있다(Kim HU 2003). 이러한 관점에서 볼 때 최근 천연 기능성 식품 및 식품원료로 주목을 받고 있는 우유의 유청 단백질(milk whey protein)을 이용한 스폰지 케이크의 개발도 가능할 것으로 생각된다. 유청은 치즈 제조나 카제인 생산시 분리되어 나오는 액상부산물로서 우유의 약 90%를 차지하며 단백질, 유당, 무기질, 비타민, 미량성분 등을 함유하고 있으며 물성향상, 향미증

Corresponding author : Chan-Hee Kim, Department of Food & Nutrition Sungshin Women's University, 249-1 Dongseon-dong 3-ga Seongbuk-gu, Seoul 136-742, Korea
Tel : 02-920-7201
Fax : 02-921-4979
E-mail : chkim30@dreamwiz.com

가 등 여러 가지의 영양적 가치와 물리적 기능 특성 때문에 식품첨가물 뿐만 아니라 질병치료제로서도 널리 이용되어 왔고 최근에는 영양가 이외의 생리적 기능으로 주목을 받게 되어 새로운 연구 및 이용 방법이 각국에서 진행되고 있다(Ha YW 2001). 특히 유청 단백질의 임상학적인 효과로는 해독작용에 관여하는 간의 보호, 위질환의 치료, 통풍의 치료 그리고 혈청 콜레스테롤을 낮추 동맥경화를 간접적으로 치료, 예방하는 등 매우 다양한 효과를 가지고 있다는 보고(Hong YH 1983)도 있다. 국내에서의 유청에 관한 연구는 유청제품의 이화학적 및 기능적 특성(Cho SJ과 Hong YH 1995), 유청을 이용한 유산균 발효유의 제조(Lee KY과 Kim SK 1996), 유청분말을 첨가한 제면의 특성(Lee KH와 Kim KT 2000), 유청단백질의 생리활성(Lee SW 2001) 등이 보고되어 있다. 또 요즈음은 유청에서 생산된 다양하고 새로운 기능성 및 생리활성 원료가 상업적 제품으로서도 광범위하게 이용되고 있는데 유청 제품의 유형을 살펴보면 유청 그대로 건조시킨 유청분말(whey powder), 부분적으로 성분을 분리시켜 건조시킨 저유당유청(reduced-lactose whey), 탈염유청(demineralized whey) 및 유당(lactose), 유청에서 비단백 성분을 제거하여 양질의 유청단백질을 농축시켜 건조한 농축유청단백(whey protein concentration, WPC)과 분리유청단백(whey protein isolate, WPI) 등이 있다. 또 WPC에는 순도를 달리하여 단백질 함량을 34~80% 범위로 농축시킨 다양한 제품들이 있고 WPI는 단백질의 함량을 90% 이상 농축시킨 제품을 말한다(Lagrange V 1998). 따라서 WPI는 식품의 품질 특성에 영향을 미치는 단백질의 물리화학적 기능인 기포성(foaming), 유화성(emulsifying), 용해성(solubility), 분산성(dispersibility), 젤성(gelling), 보수성(water-binding), 점성(viscosity)을 가지고 있다고 생각되어 우수한 단백질 보충제로서 뿐만 아니라 식품의 기능성 원료 및 대체물로 이용한다면 가공식품의 품질 향상에도 도움이 될 것으로 예상된다. 또한 이와 같은 WPI의 특성이 달걀의 식품학적 기능과 유사하여 이용 가치가 높다고 생각되지만 우리나라에서 이것을 이용한 식품개발에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 달걀 대체물로서 WPI를 이용하여 새로운 스폰지 케이크의 개발 가능성을 모색하고자 하였다. 즉 스폰지 케이크의 제조 및 품질을 결정하는 데에 주된 역할을 하는 달걀의 기포

성을 대체할 수 있는 WPI를 이용한다면 제품 자체의 영양성이나 건강성 증진뿐만 아니라 품질 향상도 예상되며 WPI의 이용성 확대를 위한 새로운 제시가 가능할 것으로 사료된다.

II. 연구방법

1. 실험재료

케이크의 주재료인 밀가루(제일제당), 설탕(제일제당), 소금(한주)은 시중에서 구입하였고 달걀은 풀무원(주)에서 신선란을 구입하여 알끈을 제거한 후 사용하였다. WPI(Proliant, USA)는 분말형태인 것을 2005년 12월 구입하여 사용하였다.

2. 스폰지 케이크의 제조법

스폰지 케이크는 공립법(Cho NJ 등 2004)을 이용하여 제조하였으며 제조시 배합비율은 WPI 대체율에 따른 각 스폰지 케이크의 질감 변화를 쉽게 관찰하기 위해 Table 1에 나타난 바와 같이 달걀, 설탕, 밀가루를 동량으로 하는 무거운 스폰지 케이크 배합비율(Watanabe N 등 1981)을 이용하였다. 이 때 달걀의 대체물로 첨가한 WPI는 분말상태이므로 달걀 내 수분함량을 고려하여 제과제빵시 이용되는 환수치 적용 방법(Ahn MS 2002)에 의해 WPI 대체 첨가율에 따라 물의 첨가량은 달리하였지만 달걀과 WPI의 단백질 함량은 보정하지 않았다. 케이크 반죽은 제과용 믹서(Kitchen

Table 1. The formulation of sponge cake substituted by WPI at different levels (Unit : g)

Ingredients	Ratio (%)	Substitute levels of WPI					
		Control	W-10	W-20	W-30	W-40	W-50
Flour	100	100	100	100	100	100	100
Sugar	100	100	100	100	100	100	100
Salt	2	2	2	2	2	2	2
Water-1 ¹⁾	40	40	40	40	40	40	40
Egg	Variable	100	90	80	70	60	50
WPI ²⁾	Variable	0	10	20	30	40	50
Water-2 ³⁾	Variable	0	7.5	15	22.5	30	37.5

1) : Basic water amounts 2) + 3) : Used as egg substitute

Control : Sponge cake made with egg

W-10 : Sponge cake made with 10% WPI substitute for egg

W-20 : Sponge cake made with 20% WPI substitute for egg

W-30 : Sponge cake made with 30% WPI substitute for egg

W-40 : Sponge cake made with 40% WPI substitute for egg

W-50 : Sponge cake made with 50% WPI substitute for egg

aid K5SS, USA)를 사용하였고 믹싱볼에 달걀과 WPI 그리고 물을 넣고 2단으로 30초간 저어준 후 4단으로 3분간 혼합하고 설탕과 소금을 넣어준 다음 3단으로 5분간 혼합하였다. 머랭(meringue)을 완성시킨 후 체에 친 박력분을 넣고 1단으로 30초간 혼합하여 반죽을 마무리하였다. 반죽을 고무주걱으로 믹싱볼의 벽에서 긁어내려 마지막을 잘 혼합한 후 지름 15 cm, 깊이 3 cm의 팬에 담아 윗불 170℃, 아랫불 190℃로 미리 예열된 오븐에서 25분간 구워 실온에서 1시간 정도 방냉시킨 후 품질 특성에 관한 실험 및 관능검사에 사용하였다.

3. 스폰지 케이크 반죽의 비중과 점도 측정

반죽의 비중은 AACC방법(2000)에 따라 케이크 제조과정 중 밀가루 투입 후의 반죽 무게를 측정하여 아래 식으로 각각 계산하였다.

$$\text{비중} = \frac{\text{같은 부피의 반죽 무게}}{\text{같은 부피의 물 무게}}$$

반죽의 점도(Mizukoshi M 1983)는 믹싱을 완료한 반죽 19 g씩을 50 mL 비이커에 평평하게 담아 항온수조(TC-500, Brookfield Eng. Labs., USA)에서 25℃로 유지하면서 Brookfield Digital Viscometer(Model LV, Brookfield Eng. Labs., USA)를 사용하여 spindle number 3으로 회전속도 12 rpm에서 3회 반복 측정하였다.

4. 스폰지 케이크의 비용적과 굽기손실을 측정

스폰지 케이크를 구워서 실온에서 1시간 정도 방냉 후 종자치환법(Pylar EJ 1988)으로 부피를 측정하였다. 비용적(cc/g)은 케이크의 부피에 대한 무게의 비로 산출하였고 제조과정에서의 굽기손실률은 굽기 전 반죽 무게와 구운 뒤 1시간 후의 무게 차이를 반죽의 무게 값으로 나누었다(Cho NJ 등 2004).

5. 스폰지 케이크의 외형 및 주사전자 현미경(SEM) 관찰

외형은 디지털 카메라(Nikon, Coolpix S4, Japan)로 스폰지 케이크 단면의 특성을 관찰하였고 또한 각 시료(10×10×10 mm)를 -70℃로 고정된 deep freezer(Ilsin Lab., Bondiro, Korea)에서 하룻동안 냉동시킨 후 동결 건조기(Ilsin Lab., Bondiro, Korea)에 넣어 -50℃에서 8

시간 동안 동결건조시켰다. 동결시킨 각 시료를 5×5×1 mm의 크기로 절단하고 알루미늄 표본 지지대 위에 얹고 JEOL 이온 도금기(JFC-1100)를 이용하여 약 150초 동안 gold coating한 후 Scanning Electron Microscope(JEOL, JSM 5410 LV, Japan)를 이용하여 가속전압 15 KV에서 관찰하였다.

6. 스폰지 케이크의 물성 측정

스폰지 케이크의 조직감은 실온에서 1시간 방냉한 다음 Texture Analyzer(Stable Micro System Ltd., Model TAXT-2, England)를 사용하여 측정하였으며 분석조건은 Table 2와 같았다. TPA(Texture Profile Analysis) 분석을 통하여 각 시료의 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 부서짐성(fracturability), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness) 및 복원성(resilience)을 각각 6회 반복 측정하였다.

7. 관능검사

관능검사 경험이 있는 식품영양학과 학생 10명을 패널로 선정하여 실험의 목적을 설명하고 훈련한 다음 정량적 묘사분석(quantitative descriptive analysis, QDA)으로 실시하였다(Kim KO 등 1997). 관능검사에 사용된 항목 측정 방법으로는 15 cm 선척도로 직선 위에 좌로부터 우로 갈수록 특성 강도가 증가하도록 선의 양쪽에 용어 한계를 표시하였다. 평가항목으로는 케이크의 외형(appearance), 기공의 균일성(pore uniformity), 부드러움(softness), 씹힘성(chewiness), 촉촉함(moistness), 풍미(flavor), 입안에서의 느낌(mouth feeling), 전체적인 기호도(overall acceptability)를 측정하였다.

Table 2. Operating conditions of texture analyzer for measuring the texture of sponge cake

Parameters	Conditions
Sample size	6×7×2.5 cm
Probe	P20 (20 mm dia cylinder aluminium)
Pre-test speed	5.0 mm/sec
Test speed	1.7 mm/sec
Post-test speed	10.0 mm/sec
Distance	50 %
Force	grams
Time	5 sec
Trigger type	auto
Trigger force	10 g

8. 통계처리

통계처리는 Window용 SAS 6.2 version을 이용하여 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 실시하였으며 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검증하였다(Lee KH 등 1998).

III. 결과 및 고찰

1. 스폰지 케이크 반죽의 비중과 점도

WPI 대체량에 따른 케이크 반죽의 비중과 점도는 Fig. 1에 나타내었다. WPI를 대체하지 않고 달걀만으로 제조한 control이 0.68로 가장 높은 비중값을 보였다. 이는 스폰지 케이크의 배합비율이 무거운 스폰지로 하였기 때문에 일반적인 스폰지 케이크의 비중값인 0.45~0.5의 범위(Mizukoshi M 1983)보다 높게 나타난 것으로 보였다. WPI 대체 반죽들은 0.42~0.48 사이로 control보다 모두 낮았으며 대체비율에 따른 유의적인 ($p < 0.05$) 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 케이크 반죽의 비중은 반죽 내 기포형성 정도를 나타내고 적당한 기포형성은 바람직한 품질의 케이크 제조에 매우 중요하며(Pylar EJ 1988) 반죽의 비중이 낮다는 것은 반죽에 많은 공기가 함유되어 있음을 의미한다. 따라서 본 실험에서 WPI 대체 반죽의 비중이 control보다

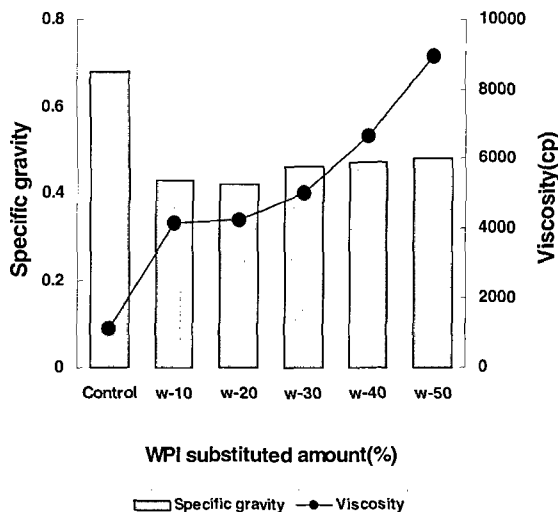


Fig. 1. Specific gravity and viscosity of sponge cake batters with different levels of WPI substituted for egg

낮게 나타난 것은 달걀의 대체로 첨가한 WPI의 기포형성력이 달걀보다 우수하기 때문이라고 생각된다. 반죽의 점도는 WPI 대체비율이 높을수록 control의 몇 배로 증가하였고 이는 WPI의 높은 단백질 함량으로 인한 큰 수분흡착력 때문인 것으로 생각된다. 케이크 반죽의 점도가 높으면 반죽 내 공기입자의 이동이 지연되어 반죽의 안정성에 도움을 준다는 보고(Sahi SS 1998)와 같이 점도 상승은 기포의 안정성 향상과도 관련이 있을 것으로 추정된다. 케이크 반죽은 연속상인 수용액상에 설탕, 소금이 용해되어 있고 단백질 성분은 콜로이드 상태를 이루며 전분입자, 기포가 분산되어 있는 상태(Cambel AM 등 1979)라고 설명된다. 따라서 반죽의 혼합과정에서 가장 중요한 것은 모든 재료를 고르게 분산시키는 것과 기포를 충분히 혼입시켜 안정하게 보유하는 것으로 WPI 대체시 반죽의 비중이 감소하고 점도가 증가한 것은 결국 기포형성력 및 기포안정성이 높아진 결과로 보인다.

2. 스폰지 케이크의 비용적과 굽기손실을

WPI를 대체한 스폰지 케이크의 비용적과 굽기손실율은 Fig. 2와 같았다. 케이크의 부피를 나타내는 비용적은 W-10과 W-20이 각각 4.49 cc/g와 4.52 cc/g를 나타내며 W-30, W-40, W-50은 각각 4.20, 4.03, 3.95 cc/g

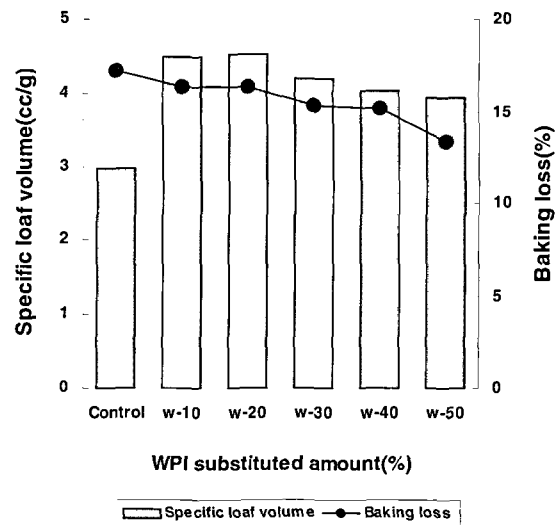


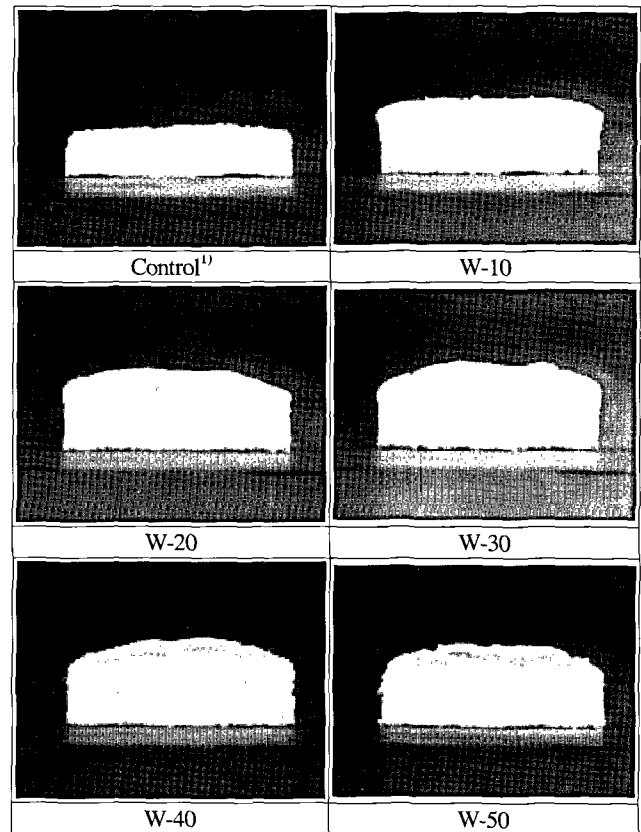
Fig. 2. Specific loaf volume and baking loss of sponge cakes substituted by different levels of WPI for egg

로서 2.98 cc/g를 나타내는 control보다 증가하였으므로 WPI의 기포안정성이 우수하다는 것을 확인하였고 10, 20% 대체시에 가장 우수한 기포안정성을 나타냄을 알 수 있었다. Control의 굽기손실률은 17.25%인데 비해 WPI의 대체비율이 증가할수록 굽기손실률이 감소한 것은 WPI의 수분보유력이 크기 때문으로 보인다. 그렇지만 W-40, W-50은 W-10과 W-20보다 굽기손실률도 낮으면서 비용적도 작게 나타났는데 이는 달걀에 대한 WPI의 대체량이 너무 많아지면 WPI의 높은 단백질 함량으로 인해 수분흡착력이 증가하기 때문에 오히려 기공을 유지하는 글루텐층의 힘이 약해지면서 기공이 찌그러져 기포안정성이 저하되므로 케이크가 팽창 후에 더 수축하였기 때문이라고 생각된다. W-40과 W-50의 표면이 주름지고 딱딱한 것도 이와 같은 이유일 것이다. 케이크 표면의 주름은 오븐 내에서 팽창된 케이크를 오븐 밖으로 낼 때 나타나는 표면의 가라앉음으로 인하여 발생된다(Cho NJ 등 2004).

3. 스펀지 케이크의 외형 특성

스펀지 케이크의 외형은 Fig. 3과 같았으며 control과 WPI 대체량에 따른 서로간의 부피의 차이를 볼 수 있었다. 스펀지 케이크는 근본적으로 달걀에 의해 팽창되는 기포류(foam type) 케이크로 그 종류가 다양하며 품질은 원료의 품질, 원료의 배합 비율, 반죽의 배합 및 굽기 등이 좌우하고 특히 달걀의 양과 품질은 케이크의 품질에 큰 영향을 미친다. 달걀 단백질은 열변성에 의해 케이크 조직을 형성하는 중요한 인자로서 교반에 의하여 물리·화학적 특성이 변하는 것으로 이 원리를 이용한 반죽은 단백질의 신장성과 변성에 의하여 혼합하는 과정에서 공기를 끌어 들여 공기를 에워싼 기포를 반죽 내에 형성하게 된다. 이러한 공기가 굽는 과정에서 팽창되면서 밀가루와 달걀 등의 단백질이 케이크 구조의 골격을 이루는데 영향을 준다(Cho NJ 등 2004). 본 실험에서는 WPI의 달걀 대체시 서로간의 단백질 함량을 보정하지 않았기 때문에 단백질 함량의 차이도 케이크의 구조형성에 영향을 주어 최종 품질에 작용한 것으로 생각된다. 따라서 WPI의 대체가 스펀지 케이크의 식품체계에 미치는 영향을 더 구체적으로 고찰하기 위해서는 기포성과 케이크의 구조에 영향을 주는 단백질의 함량에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다. 케이크의 배합비율에서 무거운

스펀지를 사용하였기 때문에 control은 높은 비중값과 가장 작은 부피를 보였고 제조된 WPI 대체 케이크들은 control과 비교시 부피가 증가되었다. 이는 밀가루의 일부를 여러 가지 원료로 대체한 경우에 글루텐의 희석효과만큼 부피가 비례적으로 감소했다는 보고(Song YS와 Ahn JM 1999)와는 상반된 결과로 WPI가 달걀 대체물로 사용되었기 때문에 글루텐의 희석효과와는 상관없이 달걀의 기포성을 상승시키는 작용을 하여 오히려 WPI 대체 케이크들이 control보다 비중값은 작아지면서 부피는 증가함을 보였다. 즉 WPI가 달걀과의 상승작용으로 기공의 형성을 활발하게 함으로써 기포형성력과 기포안정성을 향상시키기 때문이라고 생각되며 스펀지 케이크의 구조 및 부피 형성이 달걀의 공기포집력과 안정된 기포형성에 크게 좌우된다는 이론(Pylar EJ 1988)에 일치하였다. 전반적인 모양에서는 케이크의 비중으로 최종제품의 결과를 예측하였듯이



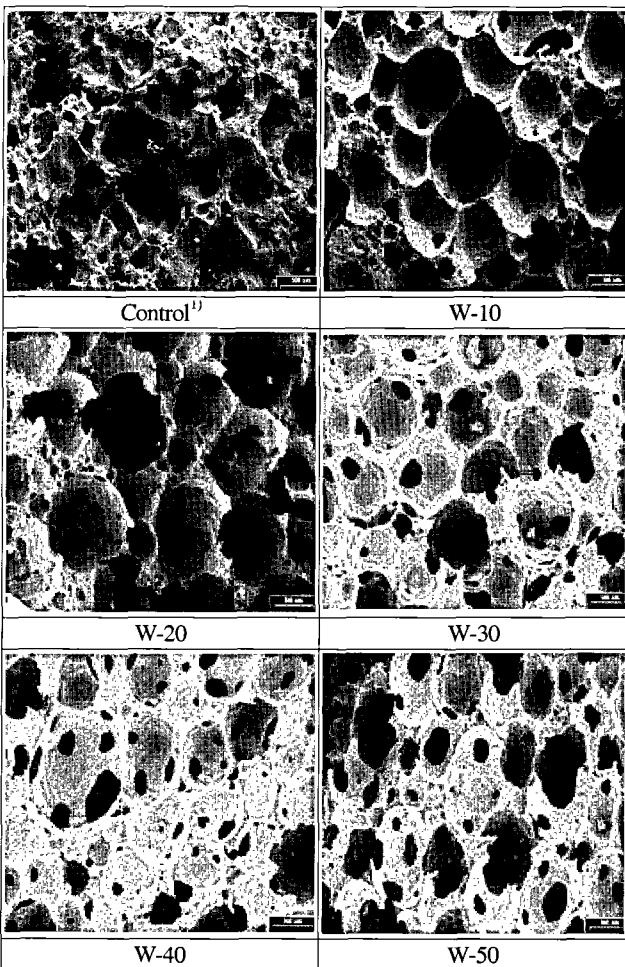
1) See the legend of Table 1

Fig. 3. Cross sectional view of sponge cakes substituted by different levels of WPI for egg

가장 낮은 비중값을 나타낸 W-10과 W-20이 control보다 바람직한 스폰지 케이크의 형태를 보였고 대체비율이 30% 이상인 때는 위로 향해 부푼 모양이다가 시간이 지남에 따라 가라앉으면서 표면에 주름도 형성되고 딱딱해서 외형이 좋지 않게 되었다. 이는 WPI의 높은 대체비율이 케이크 반죽의 점도를 증가시키면서 수분 유출과 반죽 내 기공의 이동은 적지만 높은 단백질 함량으로 인해 단단한 케이크 구조를 형성하기 때문으로 생각된다.

4. 스폰지 케이크의 미세구조

각 스폰지 케이크의 단면구조를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같았다. 밀가루에 물을 넣어 반



1) See the legend of Table 1

Fig. 4. Photographs of scanning electron microscope of sponge cakes substituted by different levels of WPI for egg

죽하면 밀가루 특유의 단백질인 글루텐이 형성되는데 이것은 주성분인 글리아딘과 글루테닌이 물을 흡착하여 서로 당겨서 가는 실과 같이 되어 이것이 평행 또는 교차해서 공기구멍을 둘러싸는 망이 된다(Ahn MS 2002). Kweon 등(2003)은 김 분말을 첨가하여 제조한 스폰지 케이크의 주사현미경 관찰 결과에서 김 분말의 첨가량이 증가할수록 기공의 형성이 억제되어 control보다 케이크의 부피가 감소하였다고 보고하였다. 또 Song YS와 Ahn JM(1999)도 밀가루에 첨가된 미역과 다시마 가루가 케이크의 기공을 유지할 수 있는 글루텐층을 무너지게 하여 기포안정성이 감소되므로 케이크의 부피가 작아졌다고 보고하였다. 본 실험의 control은 단백질 망상구조가 단단하게 서로 얽혀져서 기공이 발달되었지만 불균일하였고 단면은 거칠고 흐트러져 보이면서 무거운 스폰지 케이크를 형성하였는데 이는 스폰지 반죽의 배합비에 의한 것으로 생각된다. W-10은 글루텐 망상구조가 control보다는 덜 단단하지만 서로 얽혀져서 균일한 기공이 잘 발달되었으며 단면은 매끄럽고 부드러워 보여 가장 바람직한 스폰지 케이크로 보였다. W-20은 W-10보다 글루텐층이 약간 얇아지면서 기공의 크기가 다소 커졌지만 균일하였고 단면은 덜 부드러워 보였다. 이와 같은 결과는 밀가루 대신 isolate soy protein(ISP)를 대체하여 만든 스폰지 케이크가 control에 비해 큰 기공이 불균일하게 분포되어 있었다는 보고(Lee KA 1997)와는 상반되는 것이었다. 그 이유는 ISP가 가지고 있는 식품학적 특성인 기포성이 이용되지 않았기 때문이라고 생각되며 본 실험에서는 WPI가 달걀 대체물로 첨가되었기 때문에 달걀과 WPI의 기포성 상승작용으로 인하여 control보다 W-10과 W-20의 기공이 균일하게 생성된 것으로 사료된다. WPI 30% 이상 대체 케이크에서는 기공의 수도 많고 균일하면서 제대로 발달했지만 굽기 공정 후 수축하였기 때문에 글루텐층이 약해지면서 기공이 밀집되고 찌그러져 보여 부드러움보다 오히려 무겁고 단단한 느낌을 주었다. 이러한 현상은 50% 대체율인 때 가장 심하고 이것은 기공을 유지하는 글루텐층이 WPI의 높은 단백질 함량의 수분흡착력에 의해 약해져서 기공의 모양이 흐트러지기 때문인 것으로 해석된다.

5. 스폰지 케이크의 물성

WPI의 대체비율을 달리하여 제조한 스폰지 케이크

Table 3. Texture profile analysis of sponge cakes substituted by different levels of WPI for egg

Textural parameters	Samples ¹⁾					
	Control	W-10	W-20	W-30	W-40	W-50
Hardness(g/cm ²)	752.75±153.98 ^{2)bcj}	442.61±80.43 ^{cd}	408.36±56.19 ^d	515.99±25.43 ^c	726.31±56.91 ^b	939.42±45.04 ^a
Fracturability(g)	7.47±1.56 ^a	8.28±1.54 ^a	7.65±0.10 ^a	7.66±1.13 ^a	7.20±1.51 ^a	7.88±2.42 ^a
Adhesiveness(g)	-22.32±26.18 ^b	-3.07±12.44 ^{ab}	-0.97±7.11 ^{ab}	3.68±9.10 ^{ab}	5.52±4.11 ^a	9.34±2.05 ^a
Springiness(%)	0.94±0.04 ^a	0.92±0.01 ^a	0.88±0.02 ^b	0.88±0.03 ^b	0.87±0.02 ^b	0.83±0.03 ^c
Cohesiveness(%)	0.76±0.01 ^a	0.68±0.03 ^b	0.66±0.01 ^b	0.65±0.02 ^b	0.60±0.01 ^c	0.52±0.04 ^d
Gumminess(g)	569.02±112.83 ^a	299.46±47.73 ^c	281.22±49.03 ^c	337.44±20.13 ^{bc}	449.45±55.49 ^{ab}	509.79±85.51 ^a
Chewiness(g)	530.56±88.89 ^a	276.09±44.04 ^{cd}	248.87±46.35 ^d	307.39±21.59 ^{bcd}	389.98±50.69 ^{bc}	425.36±84.92 ^{ab}
Resilience(%)	0.35±0.02 ^a	0.29±0.02 ^b	0.28±0.01 ^b	0.27±0.01 ^{bc}	0.24±0.01 ^c	0.18±0.02 ^d

1) See the legend of Table 1

2) Means±SD(n=6)

3) Means with same superscript letters within a row are not significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test

의 물성은 Table 3에서 보는 것과 같았다. 경도에서는 W-10과 W-20의 경우 유의적으로($p<0.05$) 감소하였고 W-40은 control과 유사하였지만 W-50은 오히려 control보다 높은 값을 나타내었다. 따라서 경도가 낮은 W-10, W-20이 부드러운 케이크인 것으로 보이며 이것은 케이크의 경도에 영향을 미치는 요인이 수분함량, 기공의 발달정도, 부피이며 기공이 잘 발달된 케이크일수록 부피가 크고 경도가 낮다는 보고(Chabot JF 1979)와 일치하는 결과였다. 또 스펀지 케이크 제조시에는 밀가루 전분의 호화여부도 경도에 중요한 영향을 주는데 WPI의 높은 수분흡착력은 밀가루 전분의 충분한 호화를 방해하기 때문에 달걀에 대한 WPI의 대체량이 40% 이상인 경우에는 분산되지 않고 뭉쳐지게 되므로 경도를 더욱 높게 한다고 생각된다. 이는 angel food cake의 부드러운 정도가 단백질의 양이 많아짐에 따라 감소된다는 연구결과(Gaines GS와 Donelson JR 1985)와 유사하였다. 점착성과 씹힘성은 WPI 대체시 유의적으로($p<0.05$) 감소하였고 특히 W-10, W-20은 control과 비교해 약 2배 정도 감소되었으므로 다른 WPI 대체 케이크에 비해 더 부드러운 관능성을 보이며 경도와 비슷한 결과를 보였다. 한편 응집성에서는 WPI 대체비율이 증가할수록 유의적으로($p<0.05$) 감소하였는데 이러한 결과는 응집성이 증가함에 따라 케이크의 외형이 향상된다는 보고(Paton 등 1981)와는 다르게 나타났다. 이것은 케이크를 굽는 동안 케이크의 구조 형성에 관련이 있는 결합력 및 응집력으로 반죽의 점탄성을 높이는 밀가루의 글루텐, 달걀 및 WPI

그리고 수분, 이와 반대의 작용을 하는 설탕 등의 성분들 간의 상호작용으로 응집성이 변화하는 것으로 생각된다. 탄력성의 경우 W-10과 control은 거의 유사하였고 WPI 대체율이 20% 이상에서는 감소하는 경향을 나타내나 유의적인 차이는 없었다. 부서짐성은 다른 물성적 요소와는 다르게 모든 케이크에서 유사한 값을 보이는데 비하여 부착성은 WPI 대체비율이 높을수록 증가하였고 복원성은 감소하는 경향이였다.

6. 스펀지 케이크의 관능결과

달걀 대신 WPI를 10, 20, 30, 40, 50%로 대체하여 제조한 각 스펀지 케이크의 관능적 품질을 정량적 묘사분석(QDA)을 통하여 비교한 결과는 Table 4에서 보는 것과 같았다. WPI 대체비율에 따른 관능검사 결과 외형, 기공의 균일함, 부드러움, 씹힘성, 촉촉함, 풍미, 입안에서의 느낌, 전반적인 기호도 등 모든 검사항목에서 시료간에 유의적인($p<0.05$) 차이를 나타냈다. 기공 형태는 케이크 단면의 미세구조와는 다른 결과를 보였다. W-10보다도 W-20의 기공 크기가 가장 작고 균일하다고 나타났으며 control의 경우 기공이 균일하게는 보이지만 단단해 보여 기호도가 낮게 나왔다. 또한 control과 비교시 W-30, W-40의 경우도 유의적으로 좋은 결과를 보였으며 W-50은 control과 유사하였다. 부드러움과 촉촉함은 W-10과 W-20이 가장 좋은 결과를 얻었고 W-30도 control보다 더 좋은 결과를 보였다. 그렇지만 W-40과 W-50은 control에 비해 더 단단하였다. 씹힘성의 경우도 W-10과 w-20이 가장 좋은 결과

Table 4. Quantitative descriptive analysis(QDA) data for sensory evaluation of sponge cakes substituted by different levels of WPI for egg

Sensory parameters	Samples ¹⁾					
	Control	W-10	W-20	W-30	W-40	W-50
Pore	3.20±0.92 ^{2)(d)}	7.40±1.26 ^b	8.40±0.70 ^a	6.80±0.79 ^b	5.00±0.82 ^c	3.70±0.95 ^d
Softness	4.20±1.32 ^c	7.60±1.07 ^a	7.60±1.35 ^a	5.60±0.84 ^b	2.90±0.57 ^d	1.90±0.57 ^c
Moistness	4.90±1.10 ^c	7.80±0.63 ^a	7.60±1.17 ^a	5.70±0.82 ^b	2.60±0.70 ^d	1.60±0.70 ^c
Mouth feeling	4.70±1.49 ^b	7.30±1.06 ^a	6.80±1.40 ^a	4.90±1.20 ^b	3.30±0.82 ^c	2.30±0.82 ^d
Chewiness	4.40±1.07 ^c	8.00±1.05 ^a	7.70±0.67 ^a	5.70±0.95 ^b	3.00±0.82 ^d	1.90±0.74 ^c
Appearance	4.00±1.41 ^c	7.20±1.48 ^a	7.90±0.99 ^a	6.30±1.16 ^b	3.90±0.99 ^c	2.80±1.03 ^d
Flavor	3.40±1.35 ^c	7.00±1.15 ^b	7.90±0.99 ^a	6.20±0.79 ^c	4.20±1.14 ^d	2.60±1.07 ^t
Overall acceptability	4.60±1.17 ^c	8.00±0.94 ^a	8.00±0.82 ^a	6.10±0.88 ^b	3.80±0.92 ^d	2.70±0.82 ^c

1) See the legend of Table 1

2) Means±SD(n=6)

3) Means with same superscript letters within a row are not significantly different at $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test

를 얻었고 이것은 가장 낮은 수치를 보인 기계적 질감 과도 일치하는 경향이였다. 입안에서의 느낌, 외형, 전반적인 기호도도 유사한 결과를 얻었다. 관능결과 기공이 작고 균일할수록 외형이 좋고 부드러우면서도 촉촉하여 씹힘성도 좋아 선호도가 높았으며 또 풍미도 증대되어 전반적인 기호도가 높아지는 것을 알 수 있었다. W-40과 W-50의 경우는 기공과 풍미를 제외한 나머지 검사항목 모두에서 control보다 낮은 것으로 평가되었다. 따라서 달걀 대체물로 이용한 WPI가 스펀지 케이크의 관능적 특성을 향상시키거나 변형시키는 것으로 평가되었으므로 WPI의 혼합비율을 결정할 때 제품의 특성을 고려하여 물리화학적 성질에 영향을 미치지 않는 범위에서의 최적 대체비율은 10%가 바람직한 것으로 보이며 20%까지도 가능한 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 스펀지 케이크 제조시 달걀 대신 WPI를 여러 가지 비율로 대체하여 제조한 후 반죽 특성 및 제품의 품질 특성을 평가하였다. WPI 대체율이 증가할수록 케이크 반죽의 비중은 감소하면서 점도는 증가하였고 완성된 케이크의 굽기손실률은 감소하면서 비용적은 증가함을 보였다. 외형과 주사전자 현미경 관찰에서는 W-10, W-20이 가장 바람직한 스펀지 케이크의 형태를 보이면서 글루텐 망상구조 및 기공도 균일하게 잘 발달되어 단면이 매끄럽고 부드러웠지만

WPI 30% 이상 대체 케이크는 외형의 표면에 주름이 형성되면서 글루텐 망상구조 및 기공도 제대로 발달되지 못해 밀집되고 찌그러져 부드럽다기보다는 오히려 무겁고 단단한 케이크가 되었다. 케이크의 물성에서 경도, 점착성, 씹힘성은 W-10과 W-20이 control보다 약 2배 정도 감소하였고 대체비율이 증가할수록 복원성, 응집성, 탄력성도 감소하였지만 부착성은 증가하였고 부서짐성은 모든 케이크에서 유사한 값을 보였으며 관능검사 결과에서도 W-10, W-20이 가장 우수한 것으로 평가되었다. 위의 결과에서 WPI 대체 스펀지 케이크의 최종 품질은 이화학적 및 관능적 특성에서 가장 좋은 결과를 나타낸 W-10과 W-20이 우수하였고 30% 이상 대체시에는 전체적으로 좋지 않은 결과를 보였다. 따라서 스펀지 케이크 내에서 달걀 대체물로 이용하는 WPI의 가장 좋은 대체비율은 10%로 제시할 수 있으며 20%까지도 가능한 것으로 보인다. 그리고 케이크 이외의 다른 식품에도 적용될 수 있도록 WPI 대체 식품의 범위를 확대하는 방법에 대한 연구도 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- Ahn MS. 2002. Food and Cookery Science. Sinkwang Press. Seoul. Korea pp 110-112
- AACC. 2000. Approved Method of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists St. Paul, MN. U.S.A. pp 3-4
- Cambel AM, Penfield MP, Griswold RM. 1979. The Experimental

- Study of Food. 2nd ed. Houghton Mifflin Co. U.S.A. pp 369-386
- Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. Scanning Electron Microscopy 3 : 279-286
- Cho SJ, Hong YH. 1995. Physicochemical and functional properties of commercial whey powders. Korean J Food Sci Technol 27(2) : 151-155
- Cho NJ, Kim SG, Kim YH. 2004. Bakery Science. B&C World. Seoul. Korea pp 146-184
- Gaines GS, Donelson JR. 1985. Effect of varying flour protein content on angel food and high-ratio white layer cake size and tenderness. Cereal Chem 62(3) : 63-69
- Ha YW. 2001. Milk, the rich source of bioactive ingredients for functional, nutraceutical and pharmaceutical industry. Dairy Industry and Technol 1 : 93-124
- Hong YH. 1983. Nutritional properties and utilization of bovine whey. Korean J Nutr Soc 16(3) : 137-145
- Kweon BM, Jeon SW, Kim DS. 2003. Quality characteristics of sponge cake with addition of laver powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(8) : 1278-1284
- Kim HU. 2003. Trends and perspectives in industry of bakery. Food Sci and Industry 36(4) : 3-11
- Kim KO, Kim SS, Sung NK, Lee YC. 1997. Methods & Application of Sensory Evaluation. Sinkwang Press. Seoul. Korea pp 131-135
- Lagrange V. 1998. U. S. Whey proteins and new fractions and innovative nutraceuticals. J Korean Dairy Technol Sci 16(2) : 106-118
- Lee KY, Kim SK. 1996. Manufacture of the fermented product by lactic acid bacteria with sweet whey. Korean J Food Sci Ani Resour 16(1) : 52-61
- Lee KH, Kim KT. 2000. Properties of wet noodle changed by the addition of whey powder. Korean J Food Sci Technol 32(5) : 1073-1078
- Lee SW. 2001. Biological activity of whey proteins and peptides. J Korean Dairy Technol Sci 19(2) : 103-115
- Lee KH, Park HC, Her ES. 1998. Statistics and Data Analysis Method. Hyoil Press. Seoul. Korea pp 253-296
- Lee KA. 1997. Effect of isolate soy protein on sponge cake quality. Korean J Soc Food Sci 13(3) : 299-303
- Mizukoshi M. 1983. Model studies of cake baking, foam drainage in cake batter. Cereal Chem 60(5) : 399-406
- Paton D, Larcque GM, Horne J. 1981. Development of cake structure, influence of ingredients on the measurement of cohesive force during baking. Cereal Chem 58(3) : 527-529
- Pylar EJ. 1988. Physical and chemical test methods. In baking Sci & Technol 3rd ed. Sosland Publishing Co. Merrian Kansas. U.S.A. 2 : 992-998
- Sahi SS. 1998. Influence of aeration and emulsifiers on cake batter rheology and textural properties of cakes. 9th-11th. UMIST. Manchester. UK. pp 257-260
- Song YS, Ahn JM. 1999. Physicochemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(3) : 534-541
- Watanabe N, Suzuki S, Jwao Y, Ohaha T. 1981. Confectionary Dictionary. Asakura bookstore. Seika jiten. Japan pp 335-348

(2006년 11월 6일 접수, 2007년 2월 9일 채택)