석 사 학 위 논 문

프락토올리고당으로 제조한 스폰지 케이크의 물리화학적 특성

2013년

한성대학교 경영대학원
호텔관광외식경영학과
외 식 경 영 전 공
백 용 하

HANSUNG UNIVERSITY

석 사 학 위 논 문
지도교수 이명호

프락토올리고당으로 제조한 스폰지 케이크의 물리화학적 특성

Physicochemical Characteristics of Sponge Cake replacing for Fructooligosaccharide

2012년 12 월 일

한성대학교 경영대학원
호텔관광외식경영학과
외 식 경 영 전 공
백 용 하

HANSUNG UNIVERSITY

석 사 학 위 논 문
지도교수 이명호

프락토올리고당으로 제조한 스폰지 케이크의 물리화학적 특성

Physicochemical Characteristics of Sponge Cake replacing for Fructooligosaccharide

위 논문을 경영학 석사학위 논문으로 제출함

2012년 12월 일

한성대학교 경영대학원
호텔관광외식경영학과
외 식 경 영 전 공
백 용 하

HANSUNG UNIVERSITY

백용하의 경영학 석사학위논문을 인준함

2012년 12월 일

심사위원장 _____ 인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

HANSUNG UNIVERSITY

국 문 초 록

프락토올리고당으로 제조한 스폰지 케이크의 물리화학적 특성

한성대학교 경영대학원
호텔관광외식경영학과
외식경영전공
백 용 하

본 연구는 물리화학적으로는 설탕과 유사하지만 생리적으로는 매우 다른 프락토올리고당을 사용해 건강에 유익한 스폰지 케이크를 제조하고 프락토올리고당의 첨가가 스폰지 케이크 반죽의 물리화학적 특성 및 케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 측정하였다.

백설탕을 프락토올리고당으로 대체하여 제조한 스폰지 케이크 반죽의 물리화학적 특성 실험결과 pH는 일반적 스폰지 케이크의 pH(7.3~7.6)보다 증가(8.15~8.40)하였고 반죽의 비중은 감소했으며, 점도는 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 증가하였다. 즉, 반죽의 pH는 점도와는 강한 정의 상관관계를, 비중과는 강한 부의 상관관계를 나타냈고, 비중과 점도 사이에는 약한 부의 상관관계를 보였다.

물리적 품질 특성 중 굽는 동안 나타난 케이크 중심부의 최대 온도는 89.2-90.7℃로 온도 변화는 유의적인 차이가 없었으며, 중량과 수분함량은 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 증가하였고, 부피와 굽기손실율(BLR)은 감소했다.

케이크의 외관 중 부피지표는 유의적으로 감소하였고 대칭성지표는 설탕의 70%까지를 대체하여도 스폰지 케이크의 균형을 유지할 수 있었으며, 균일성 지표는 대조구보다 증가하였다.

케이크의 crust의 색도 변화는 L value(lightness)와 b value(yellowness)는 낮게 나타내었고 a value(redness)는 대조구보다 유의적으로 높아졌으며, 설탕의 30-70%를 프락토올리고당으로 대체하여도 케이크 crumb의 유의적인 변화가 없었다.

케이크의 조직감을 측정한 결과 프락토올리고당의 양이 많을수록 케이크의 검성, 및 씹힘성이 낮아졌다.

이상의 실험결과 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당으로 제조한 스폰지 케이크 제품의 균형 및 식감, 저장성이 향상되었고 고열량 감미료의 대체 당으로 더 많은 제과제빵 품목에 연구되면 칼로리는 낮고 기능성이 강화되어 소비자의 선택 폭도 넓어질 것으로 기대된다.

【주요어】프락토 올리고당, 스폰지 케이크, 물리화학적 특성, 색도, 케이크의 조직감,

HANSUNG UNIVERSITY

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 2 장 이론적 배경 ····· 3

제 1 절 프락토올리고당 (Fructooligosaccharide) ····· 3
제 2 절 스폰지케이크 (Sponge cake) ····· 5
제 3 절 물성분석 (Texture Profile Analysis, TPA) ····· 6

제 3 장 실험의 재료 및 방법 ····· 10

제 1 절 실험재료 ····· 10

제 2 절 실험방법 ····· 11
1. 스폰지 케이크의 제조 ····· 11
2. 반죽의 pH ····· 12
3. 반죽의 비중 (specific gravity) ····· 12
4. 반죽의 점도 ····· 12
5. 케이크 내부 온도 측정 ····· 12
6. 케이크의 물리적 품질 특성 ····· 12
7. 수분보유력 ····· 13
8. 케이크의 외관 ····· 13
9. 색도 ····· 13
10. 조직감 ····· 15
11. 통계분석 ····· 15

제 4 장 실험결과 및 고찰 ····· 16

제 1 절 케이크 반죽의 물리화학적 특성 ····· 16
1. 반죽의 pH ····· 16
2. 반죽의 비중 (specific gravity) ····· 19
3. 반죽의 점도 ····· 22
4. 프락토올리고당과 반죽 특성과의 상관관계 ····· 25

제 2 절 스폰지 케이크의 품질특성 ····· 27
1. 케이크 내부 온도의 변화 ····· 27
2. 중량과 수분 함량 ····· 30
3. 비용적 ····· 35
4. 굽기손실율 ····· 40
5. 프락토올리고당과 물리적 특성과의 상관성 ····· 43
6. 케이크의 외관 ····· 45
7. 케이크의 색도 ····· 50
8. 케이크의 조직감 ····· 55

제 5 장 결 론 ····· 63

【참고문헌】 ····· 66

ABSTRACT ····· 74

【 표 목 차 】

[Table 1] The sugar composition of fructooligosaccharide ····· 10
[Table 2] Formulas for sponge cakes with various concentrations of fructooligosaccharides ····· 11
[Table 3] Operating condition for texture profile analysis ····· 15
[Table 4] *Pearson*'s correlation coefficients between the fructooligosaccharide concentration and the physicochemical factors of sponge cake batter ····· 26
[Table 5] Correlation coefficients between the fructooligosaccharide concentration and the physical factors of sponge cake ····· 44
[Table 6] *Pearson*'s correlation coefficients of the physical factors of sponge cake ····· 44
[Table 7] Chromaticity of sponge cake prepared with fructooligosaccharide ····· 54
[Table 8] *Pearson*'s correlation coefficients between the texture characteristics sponge cake replacing for fructooligosaccharide ··· 62

HANSUNG UNIVERSITY

【 그 림 목 차 】

<Fig. 1> Molecular structure of fructooligosaccharides. ····· 8
<Fig. 2> Typical curve of texture profile analysis. ····· 9
<Fig. 3> Measurement of volume, symmetry, and uniformity indexes of sponge cake replacing for fructooligosaccharide. ····· 14
<Fig. 4> The pH values of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 17
<Fig. 5> Simple regression analysis between the pH value and the fructooligosaccharide concentration. ····· 18
<Fig. 6> Specific gravity of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 20
<Fig. 7> Simple regression analysis between the specific gravity and the fructooligosaccharide concentration. ····· 21
<Fig. 8> Viscosity of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 23
<Fig. 9> Simple regression analysis between the viscosity and the fructooligosaccharide concentration. ····· 24
<Fig. 10> Internal temperature of sponge cakes prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 29
<Fig. 11> Weight of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 31
<Fig. 12> Simple regression analysis between the weight and the fructooligosaccharide concentration. ····· 32
<Fig. 13> Moisture contents of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 33
<Fig. 14> Simple regression analysis between the moisture content and the fructooligosaccharide concentration. ····· 34
<Fig. 15> Volume of sponge cake made with fructooligosaccharide

replacing for sugar. ····· 36
<Fig. 16> Simple regression analysis between the volume and the fructooligosaccharide concentration. ····· 37
<Fig. 17> Specific volume of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 38
<Fig. 18> Simple regression analysis between the specific volume and the fructooligosaccharide concentration. ····· 39
<Fig. 19> Baking loss rate of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 41
<Fig. 20> Simple regression analysis between the specific volume and the fructooligosaccharide concentration. ····· 42
<Fig. 21> Volume index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 46
<Fig. 22> Simple regression analysis between the volume index and the fructooligosaccharide concentration. ····· 47
<Fig. 23> Symmetry index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 48
<Fig. 24> Uniformity index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 49
<Fig. 25> Simple regression analysis between the lightness of crust and the fructooligosaccharide concentration. ····· 52
<Fig. 26> Simple regression analyes between the redness of crust and the fructooligosaccharide concentration, ····· 53
<Fig. 27> Hardness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 57
<Fig. 28> Springiness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 58
<Fig. 29> Cohesiveness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 59

<Fig. 30> Gumminess of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 60
<Fig. 31> Chewiness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. ····· 61

HANSUNG UNIVERSITY

제 1 장 서 론

국민 소득의 증가와 식생활패턴의 서구화에 의해 제과제빵의 소비가 증가함에 따라,[1] 설탕을 많이 함유한 케이크의 판매가 늘어나며 Sucrose의 소비 또한 큰 폭으로 증가했다. 감미료는 빵 과자 제조에 있어 많은 역할을 하는 중요한 재료로서.[2] 케이크에 단맛을 내는 외에 밀가루 단백질을 연화(軟化)하여 제품을 부드럽게 하고 갈색화 반응을 일으켜 껍질색을 진하게 하며 수분보유력이 있어 제품의 노화가 지연된다.[3] 하지만 최근 들어 비만과 성인병, 충치 발생률 증가로 설탕에 대한 거부감이 커지면서 설탕과 같은 단맛을 내면서도 칼로리가 낮고 치아우식을 일으키지 않는 기능성 감미료에 대한 관심이 증폭되고 있다.[4]

프락토올리고당은 저 칼로리,(설탕 380kcal, 이소말트 290kcal. 프락토올리고당, 239kcal, 100g기준)로 다이어트 식품에 많이 이용되며, 비슷한 기능의 식이섬유와는 물성이 크게 달라 식품에 첨가하여도 물성과 조직감이 크게 달라지지 않는 장점이[5] 있어 체내에 유용한 성분을 제과제빵의 부재료로 첨가하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다.[6]

특히 장내 유익균에 의해 대사되어 다양한 건강 기능이 발견되어 일본에서는 프락토올리고당 함유제품을 장의 상태를 조절하는 식품과 미네랄의 흡수 촉진시키는 식품으로 인정하여 특정 보건용 식품으로 분류한바있다.[7]

스폰지 케이크는 제과업계에서 가장 많이 생산되는 중요 품목으로 난백의 기포성을 이용해서 팽화시키는 감미료의 비율이 높은 제품으로[8] 데코레이션

---

1)김창순, 이영순, 1997, 「올리고당과 당알콜을 이용한 스폰지 케익의 제조」 『한국조리과학회지』 3(2), 한국조리과학회, pp 204-209.

2)조남지, 2006, 『제과제빵 재료학』, 비앤씨 월드, pp 97-127

3)이명호, 1998,「제과제빵에 다양한 설탕이용에 관한 연구」『한국조리학회지』4(1), 한국조리학회, pp 250-269.

4)농축산신문, 2001, 2월19일, 대체감미료시장 급신장 기사.

5)약업신문, 2005, 『건강식품 디테일,5: 올리고당 및 프락토올리고당』, 약업신문사, 31-5 통권359호, pp 54-59.

6)T.M. Lu., Lee, C.C. Mau, J.L. and Lin, S.D., 2010, "Quality and Antioxidant Property of Green Tea Sponge Cake", *Food Chemistry119*, pp 1090-1095.

7)우동호, 2005, 「프락토올리고당의 생리 기능성」『식품기술』 18-4, 한국식품정보원, pp 69-87.

케이크의 기본이 되는 빵을 모두 스펀지 케이크라 한다.[9)]

케이크의 제조방법은 크게 “batter type”과 “foam type”으로 분류할 수 있다. Batter type은 미국에서는 butter cake 또는 pound cake으로 알려져 있으며, 영국에서는 Madeira cake 또는 Victoria sponge cake으로 알려져 있다. Foam type은 스폰지 케이크로 알려진 케이크를 만드는 방법으로 유럽에서 일반적으로 사용 된다.

스폰지 케이크는 반죽에 많은 양의 설탕을 함유한 고칼로리 식품으로 영양학적 불균형을 가져와 비만과 성인병에 영향을 미칠 수 있어, 최근 저 열량 스폰지 케이크에 기능성을 보안한 제품들이 연구 보고되고 있다.[10)]

이에 본 연구는 물리화학적으로는 설탕과 유사하지만 생리적으로는 매우 다른 프락토올리고당을 사용해 건강에 유익한 스폰지 케이크를 제조하고 프락토올리고당의 첨가가 스폰지 케이크 반죽 및 케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 측정하였다.

HANSUNG UNIVERSITY

8)최윤정, 이경애, 이윤진, 2001,「올리고당을 사용한 집청액이 약과의 물리적, 관능적 특성에 미치는 영향」, 『한국식품조리과학회지』 17, 한국식품조리과학회, pp 399-404.
9)박정은, 정홍도, 장명숙, 2009, 「대나무잎 가룰를 첨가한 스폰지 케이크 재료 혼합비율의 최적화」, 『식품조리과학회지』 25:3, 식품조리과학회, pp 317-329.
10)김창순, 1994, 「고당배합 케이크에서의 원료의 역할과 열에 의한 케이크 구조의 고정화」 『한국식품영양과학회지』23-3, 한국식품영양과학회, pp 520-529.

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 프락토올리고당 (Fructooligosaccharide; FOS)

프락토올리고당 (fructooligosaccharide; FOS)은 설탕의 과당 잔기에 1-3개의 과당분자를 β-결합된 당류의 혼합물로써(β-(2→1)-glycoside bond), 1-ketose(GF_2), nystose(GF_3), 1^F-fructofuranosylnystose(GF_4)로 명명되었다.[11] 프락토올리고당의 분자식은 Fig. 1과 같다.

프락토올리고당은 여러 가지 식물, 즉, 아스파라거스, 사탕무우, 상추, 양파, 우엉, 바나나 등과 같은 야채나 과일류에 함유된 천연물질로 이미 오래전부터 섭취해왔으나 그 양은 매우 소량이었다.[12] 프락토올리고당은 효소의 대량생산이 어렵기 때문에 주로 미생물 기원의 효소로부터 생산되며 1984년 일본의 Meiji 제과에서 *Aspergillus niger* 기원의 효소를 사용하여 세계 최초로 공업화에 성공함으로써 대량생산하기 시작하였다.[13]

프락토올리고당은 설탕, 고과당 등의 대용감미료로 많이 이용되며 점도, 용해도 등의 기본적인 물성은 설탕과 유사한 것으로 알려져 있다.

프락토올리고당은 섭취 시 사람의 소화효소로 분해되지 않는 비소화성 당류(nondigestable food ingredients)로 대장에서 유익한 세균인 Bifidobacteria를 선택적으로 증식시킬 수 있는 prebiotics의 한 종류로 식품 및 사료의 첨가물로 널리 사용되고 있다.[14]

우리나라에서는 건강기능식품에 관한 법류에 따라 프락토올리고당은 장내 비피더스균의 증식 및 장내 유해균의 성장 억제에 도움이 되며 배변 활동을

---

11)J.W. Yun, 1996, "Fructooligosaccharides-occurence, Preparation, and Application". *Enzyme Microbiol Tehcnol 19,* p 107-117, J.E. Spiege, Rose, R. Karabell, P. Frankos, V.H., and Schmitt, D.F., 1994, "Safety and Benefits of Fructooligosacchrides as Food Ingredients". *Food Technol. 48,* p 85-89.

12)우동호, 전게논문, pp 69-87.

13)송승구, 1993,「미생물 기원의 프락토올리고당」, 『생물공학동향』, 한국과학기술원, pp 36-44.

14)박민경, 인만진, 정영철, 2002, 「프락토올리고당과 클로렐라가 김치 숙성에 미치는 영향」 『한국식품영양과학회지』 31, 한국식품영양과학회지, pp 760-764.

원활히 하고 칼슘의 흡수에 도움이 되는 기능성이 인정되어 고시형 건강기능식품으로 추가되어 프락토올리고당의 수요는 안정적으로 증가할 것으로 예상된다.[15)]

프락토올리고당은 경제적인 이유로 액상의 제품이주로 생산되며 프락토올리고당은 isomaltooligosaccharides나 galactooligosacchadies와 같은 다른 종류의 올리고당에 비하여 내열성과 내산성이 취약한 특성이 있다.[16)] 또한 산성 pH 조건일 경우 온도가 증가할수록 프락토올리고당의 분해 속도가 증가하는 것을[17)] 고려하면 프락토올리고당 액상제품의 경우 저장과 유통 과정에서 프락토올리고당이 분해되어 제품의 품질이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.[18)]

건강기능식품 또는 식품첨가물로서 프락토올리고당은 inulin을 화학적으로 또는 효소적인 방법으로 분해하여 oligofrutose를 얻거나, 설탕을 원료로 하여 *Aspergillus niger, Aureobasidium pullulans* 등의 미생물 균체 또는 균체 내의 효소를 회수하여 회분식 혹은 연속식으로 제조하는 방법이 상업화되어 있다.[19)] 연속발효에 의한 프락토올리고당 생산의 경우, 설탕에 과당전이효소(fructoyltransferase) 또는 β-fructofuranoside를 작용시키면 설탕의 55% 이상이 프락토올리고당으로 전환되어 미반응 설탕과 부산물로 포도당과 소량의 과당이 공존하는 반응액을 저순도 액상 제품 (프락토올리고당 함량 40% 이상)과 이를 chromatography로 프락토올리고당 만을 분리하여 건조한 고순도 분말 제품 (프락토올리고당 함량 95% 이상)이 생산되고 있다.[20)]

---

15)인만진, 김동청, 채희정, 2006, 「설탕을 원료로 제조된 프락토올리고당 액상 제품에서 프락토올리고당의 가수분해에 영향을 미치는 요인」 『한국응용생명화학회지』 49, 한국응용생명화학회, pp 86-69.

16)H.K. Kweon, and Yook, C., 1994, "Physicochemical Properties of Isomaltooligosaccharides and its Application to Foods", *Bioindustry News 7,* pp 26-30.

17)L. Homme, C., Arbelot, M. Puigserver, A. and Biagini, A., 2003 "Kinetics of Hydrolysis of Fructooligosaccharides in Mineral-buffered Aqueous Solutions Influence of pH and Temperature", *J. Agric. Food Chem. 51,* p 224-228.

18)인만진, 김동청, 채희정, 전게논문, pp 86-69.

19)P. Katapodis, Kaloferis, E. Kekos, D. Macris, B.J. and Christakopoulos, P., 2004, "Biosynthesis of Fructooligosaccharides by Sporotrichum Thermophile During Submerged Batch Cultivation in High Sucrose Media", *Appl. Microbiol. Biotechnol. 63,* pp 378-382.

20)D.C. Sheu, Duan, K.J. Cheng, C.Y. Bi, J.L. and Chen, J.Y., 2002, "Continuous Production of High-content Fructooligosaccharides by a Complex Cell System",

프락토올리고당을 사용한 제품 연구로는 가래떡,[21] 잼,[22] 식빵,[23] 김치,[24] 약과,[25] 등이 있다.

제 2 절 스폰지 케이크 (Sponge cake)

1420-1520년대인 르네상스 시대에 많은 수의 이탈리안 요리사들은 그들만이 지닌 특유의 baking skill로 영국 및 프랑스에서 유명세를 타게 되었다. 이들이 새로이 제조하여 소개한 것은 “biscuits”이었는데, 이때 소개된 비스켓이 스폰지 케이크의 시초로 추정하고 있다.[26]

스폰지 케이크는 가장 처음 만들어진 비발효케이크 (non-yeasted cake)로 추정되며, 채식주의자 (lacto-ovo vegetarian)에게 적절한 식품이다. 또한 스폰지 케이크는 발효원으로 효모를 사용하지 않기 때문에 유월절 (Passover) 축제 시 후식으로 인기가 높은 식품이다.

케이크의 제조방법은 크게 “batter type”과 “foam type”으로 분류할 수 있다. Batter type은 미국에서는 butter cake 또는 pound cake으로 알려져 있으며, 영국에서는 Madeira cake 또는 Victoria sponge cake으로 알려져 있다. Foam type은 스폰지 케이크로 알려진 케이크를 만드는 방법으로 유럽에서 일반적으로 사용된다.

스폰지 케이크는 밀가루 (박력분), 계란 및 당류를 넣어 제조하는 케이크로, shortening이나 leavening agent를 사용하지 않고 제조한다는 면에서 angel cake와 유사하다. 차이점은 스폰지 케이크는 전란 (whole egg)을 사용하는 반

Biotechnol. Prog. 18, pp 1282-1286.

21)김상숙, 정혜영, 2012, 「프락토올리고당과 유화제 혼합사용 가래떡의 텍스처와 관능적 묘사 특성」, 『한국식품영양과학회지』 41, 한국식품영양과학회, pp23-828.

22)나연미, 이영주, 전순실, 2012, 「프락토 올리고당을 첨가한 토마토잼의 품질특성」, 『한국식품영양과학회지』 41, 한국식품영양과학회, pp 227-232.

23)박민아, 이정원, 신말식 이선영, 2007, 「저항전분 통호밀 및 프락토올리고당을 첨가한 식빵의 개발과 Glycemic index 감소 효과」, 『대한지역사회영양학회지』 12 -2, 대한지역사회영양학회, pp 189-197.

24)박민경, 인만진, 정영철, 전게논문, pp 760-764.

25)최윤정, 이경애, 이윤진, 전게논문, pp 399-404.

26)http://whatscookingamerica.net/History/Cakes/SpongeCake.htm

면에 angel cake는 난백 (egg white)만을 사용한다는 점이며, 스폰지 케이크 제조 방법의 기본 개념은 chiffon cake (미국), Tres leches cake (Latin America), pan di Spagna (스페인)로 활용되고 있다. 따라서 스폰지 케이크의 단점을 보완하고 기능성을 강화시키기 위한 연구들이 보고되고 있다.

즉, 함초,[27] 로즈마리,[28] 단호박,[29] 녹차,[30] 매생이[31]를 첨가한 스폰지 케이크와, 기능성 당류로 설탕을 대체한 경우 올리고당과 당 알콜을 이용한 스폰지 케익의 제조.[32] 에리스리톨을 첨가한 저 열량 스펀지케이크,[33] 지방을 유지로 대체한 연구,[34] 가식성 필름을 도포하여 스폰지 케이크의 노화를 억제하고자 하는 연구,[35] 등이 보고되고 있다.

제 3 절 물성분석

TPA 분석법은 질감(texture)이 관능특성 (sensory)에 미치는 영향을 측정하기 위하여 1960년대 개발되었다. TPA는 "Two bite" compression test를 수행한다. 이는 사람이 식품을 2회 씹었을 때의 질감을 'Force (힘)' 대 'Time (시간)'의 그래프로 나타낸 것이다.

TPA 분석으로 얻어진 texture profile curve로부터 다음과 같은 항목을 산

27)안호기, 홍금주, 이은준, 2010, 「함초 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국식생활문화학회지』 25, 한국식생활문화학회, pp 47-53.
28)강병선, 문성원, 2010, 「로즈마리 분말 첨가가 스폰지 케이크의 저장 중 색과 관능 특성에 미치는 영향」, 『한국식품저장유통학회지』 17, 한국식품저장유통학회, pp 9-15.
29)이명호, 이수열, 이상아, 최영심, 2010, 「단호박 가루를 첨가한 쌀가루 스폰지 케이크의 이화학적 특성」, 『한국식품영양학회지』 23, 한국식품영양학회, pp 162-170.
30)T.M. Lu., T.M., Lee, C.C. Mau, J.L. and Lin, S.D., op .cit,. pp 1090-1095.
31)이재훈 ,곽은정, 김지상, 이영순. 2007, 「매생이 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국조리과학회지』 23, 한국조리과학회, pp 83-89.
32)김창순, 이영순, 전게논문, pp 204-209.
33)정예선, 곽연화, ,이미나, 김대진, 2009, 「에리스리톨을 첨가한 저열량 스펀지케이크의 품질특성」,『한국식품영양과학회』, 한국식품영양과학회, pp 1606-1611 .
34)A. Matsakidou, Blekas, G. and Paraskevolou, A., 2010, "Aroma and Physcal Characteristics of Cakes Prepared by Replacing Margarine with Extra Virgin Olive Oil". *LWT-Food Sci. Technol. 43*, pp 949-957.
35)M. Beava, and Panchev, I., 2005, "Investigation of the Retaining Effect of a Pectin-containing Edible Film Upon the Crumb Ageing of Dietetic Sucrose-free Sponge Cake". *Food Chem* 92 pp 343-348.

출할 수 있다.

1. Fracturability: The ease with which the material will break.
2. Hardness: The force required to compress the material by a given amount
3. Cohesiveness: The strength of the internal bonds in the sample
4. Adhesiveness: The energy required to overcome attractive forces between the food and any surface it is in contact with.
5. Springiness: The elastic recovery that occurs when the compressive force is removed.
6. Gumminess: The energy required to break down a semi-solid food ready for swallowing
7. Chewiness: The energy required to chew a solid food into a state ready for swallowing.
8. Modulus of deformability: the initial slope of the force- deformation curve before the first break in the curve (i.e. before fracture of the sample)

이 때 gumminess와 chewiness는 서로 배제될 수 있다. 한 개의 식품을 TPA 분석하여 모든 물성값을 얻을 수는 없다. 이는 식품의 특성에 따라서 다른 물성을 나타내기 때문이다.

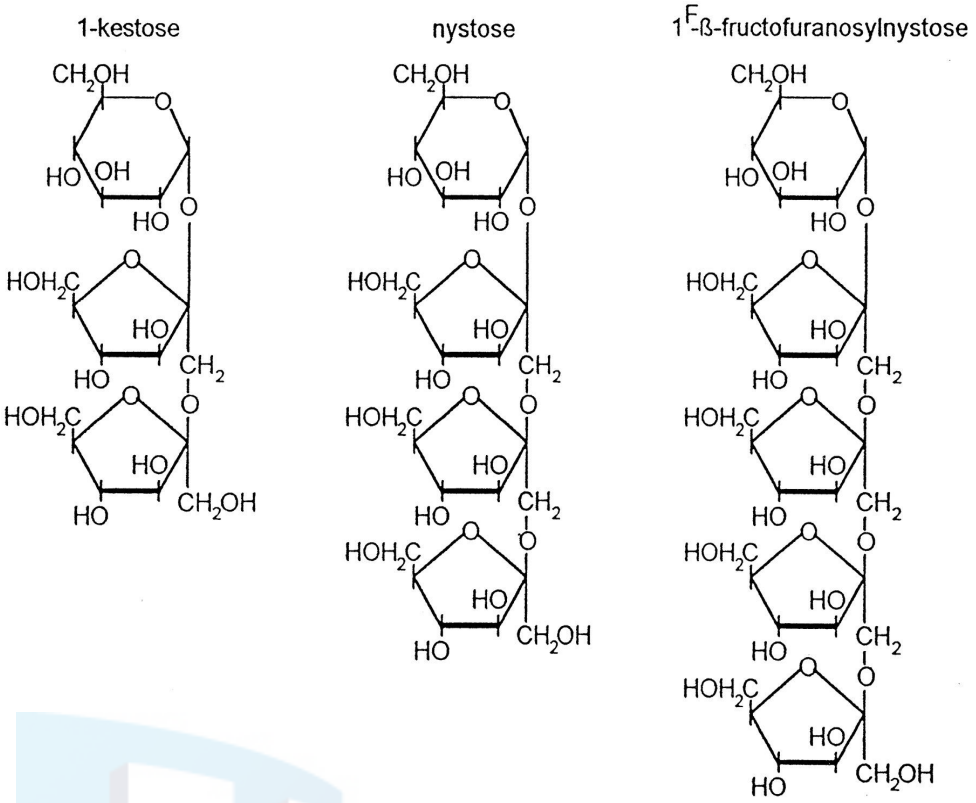

Fig. 1. Molecular structure of fructooligosaccharides.

HANSUNG UNIVERSITY

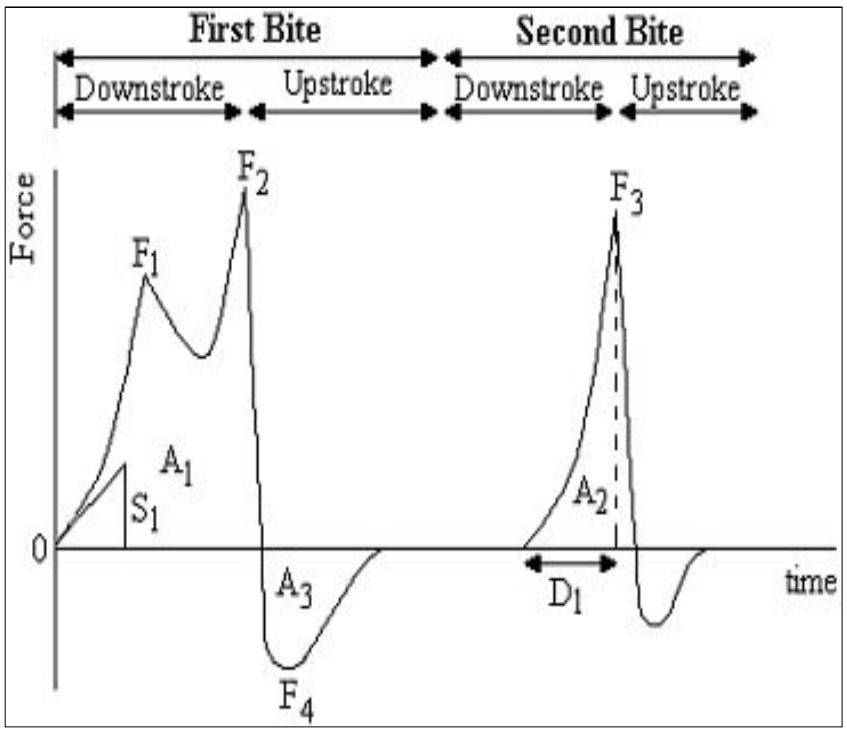

Fig. 2. Typical curve of texture profile analysis. Texture profile parameters are determined from: Fracturability = F1, Hardness = F2, Cohesiveness = A2/A1, Adhesiveness = (based on) A3, Springiness = D1, Gumminess = hardness x cohesiveness = F2 x A2/A1, Chewiness = hardness x cohesiveness x springiness = F2 x A2/A1 x D1, Modulus of deformability (based on) slope, S1

제 3 장 실험재료 및 방법

제 1 절 실험재료

스폰지 케이크 제조에는 박력분 (대한제분), 백설탕 (삼양사), 우유 (매일유업), 무염버터 (서울우유)는 대형할인매장에서, 프락토올리고당(purity, 95%)은 삼양제넥스에서 구매하였고, 계란은 케이크 제조 당일에 생산된 것을 사용하였다. 프락토올리고당의 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. The sugar composition of fructooligosaccharide

Sugar	Composition (%)
Nystose	24.8
Kesrose	31.2
Glucose	20.0
Sucrose	15.6
Fructose	3.4
Others	5.0

HANSUNG UNIVERSITY

제 2 절 실험방법

1. 스폰지 케이크의 제조

케이크 재료의 혼합비율을 Table 2와 같다. 재료를 혼합하는 mixing bowl은 50℃ water bath에 중탕하여 bowl의 온도를 40 ± 2℃로 유지하였고, 케이크는 공립법(Form type)으로 제조하였다. 박력분은 2회 체에 치고, 버터와 우유는 중탕하여 혼합해 놓았다. 계란에 당류를 넣어 저속에서 30초, 고속에서 8분간 교반하여 cream mass (egg-sugar batter)를 만들었다. Cream mass에 박력분, 버터, 우유를 넣고 고무주걱으로 40회 빠르게 혼합한 케이크 반죽을 pan (내부 지름 18 cm)에 300 g씩 넣고 180℃에서 30분간 구운 후, 실온에서 2시간동안 냉각시킨 후 시료로 사용하였다.

Table 2. Formulas for sponge cakes with various concentrations of fructooligosaccharides

Ingredients (g)	CON	FR1	FR2	FR3
Flour	100	100	100	100
Whole egg	200	200	200	200
Butter	15	15	15	15
Milk	15	15	15	15
White sugar	100	70	50	30
Fructooligosaccharide	0	30	50	70

2. 반죽의 pH

pH는 반죽 5g에 증류수 50mL를 가하여 균질 화하여 실온에서 1분간 vortexing하였다. 균질액을 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상등액의 pH를 측정하였다.

3. 반죽의 비중

반죽의 비중은 케이크 제조 과정 중 밀가루와 우유, 버터를 혼합한 후 반죽 무게를 측정하여 다음의 식으로 산출하였다. (AACC melthod, 2000)[36].

$$\text{비중} = \frac{\text{동일부피의 반죽중량}}{\text{동일부피의 물중량}}$$

4. 반죽의 점도

시료 20 g에 증류수 10 mL를 가하여 혼합한 후, specimen에 담아 실온 (23 ± 0.2℃)에서 viscometer (SV10, A&D, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

5. 케이크 내부 온도 측정

케이크를 굽는 동안의 온도변화를 알아보기 위하여, 케이크의 중심에 온도계를 꽂아 5분마다 온도를 측정하였다.

6. 케이크의 물리적 품질 특성

스폰지 케이크의 중량은 굽고 실온에서 2시간동안 냉각시킨 후 측정하였으며, 부피는 종자치환법으로 측정하였다. 스폰지 케이크의 비용적은 케이크의 부피를 중량으로 나누어 산출하였으며, 굽기 손실률은 다음의 식으로 계산하

36)AACC, 2000, 『The American Association of Cereal Chemists』, Approved methods of the AACC, 8th ed. 10-15.

여 나타내었다.[37]

$$\text{비용적}\,(mL/g) = \frac{\text{완제품의 부피}\,(mL)}{\text{완제품의 중량}\,(g)}$$

$$\text{굽기손실률}\,(\%) = \frac{\text{반죽중량}\,(g) - \text{완제품의 중량}\,(g)}{\text{반죽중량}\,(g)} \times 100$$

7. 수분보유력

실온에서 방냉한 케이크 1 g을 시험관에 넣고 증류수 20 mL를 가하여 30분간 교반한 (25 ± 1℃) 후 원심분리 (3,000 rpm, 10 분, 25 ± 1℃)하였다. 상등액을 제거한 후 침전물의 중량을 측정하여 케이크의 수분 보유력을 다음과 같이 측정하였다.

$$\text{수분보유력}\,(\%) = \frac{\text{침전시료중량}\,(g) - \text{시료중량}\,(g)}{\text{시료중량}\,(g)} \times 100$$

8. 케이크의 외관

스폰지 케이크의 외관은 부피 지표 (volume index), 대칭성 지표 (symmetry index), 균일성 지표 (uniformity index)를 측정하여 평가하였다. 즉, AACC (2000) 방법에 따라 케이크 중심부를 수직으로 절단한 후 Fig. 3과 같은 방법으로 산출하였다.

9. 색도

37)G. Summu, Sahin, S. and Sevimli, M., 2005, "Microwave, Infrared and Infrared-microwave Combination Baking", *Journal of Food Engineering 71*, pp 150-155.

스폰지 케이크의 색도는 crust와 crumb로 나누어 측정하였다. 즉, 케이크를 crust와 crumb로 나누어 분쇄한 후 Petri dish (50 × 12 mm)에 가득 담아 색차계 (Color meter JX777, Minolta Japan)를 이용하여 Hunter의 명도 (*L*, lightness), 적색도 (*a*, redness), 및 황색도 (*b*, yellowness)로 나타내었다. 표준 백판의 보정치는 L = 98.46, a = -0.23, 그리고 b = 1.02이었다.

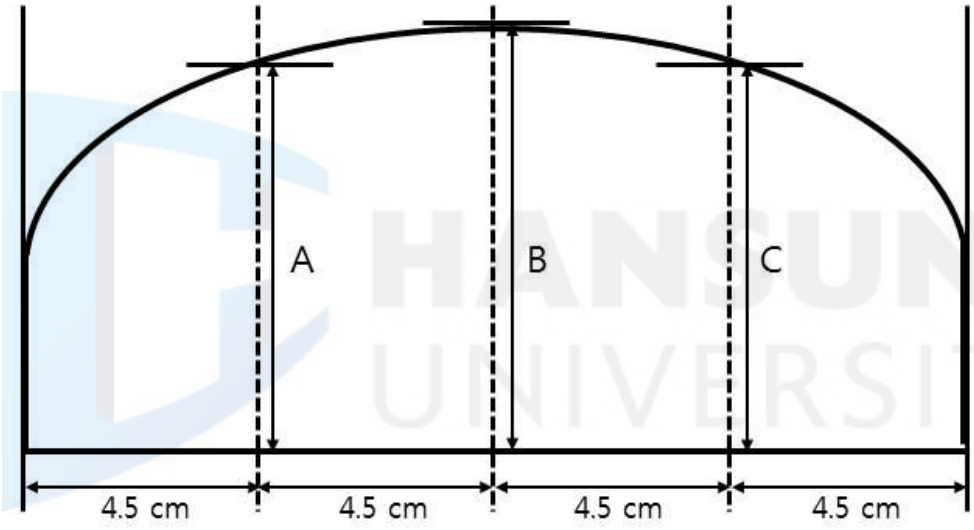

Fig. 3. Measurement of volume, symmetry, and uniformity indexes of sponge cake replacing for fructooligosaccharide. Volume index = A + B + C. Symmetry index = 2B-A-C. Uniformity index=A-C.

10. 조직감

스폰지 케이크를 3 × 3 × 3 cm의 입방체로 잘라 물성을 측정하였고, 그 조건은 Table 3과 같다 (Texture analyzer TA-XT2, Stable Microsystem. LTD., UK).

Table 3. Operating condition for texture profile analysis.

Classification	Condition
Pretest speed	10.0 mm/sec
Test speed	1.0 mm/sec
Posttest speed	1.0 mm/sec
Probe	P10 (10 mm DIA cylinder aluminium)
Sample area	3.0 mm^2
Contact force	5.0 g
Threshold	20.0 g
Distance	10.0 mm
Strain deformation	90.0 %

11. 통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 '평균 ± 표준편차'로 표시하였다. 일원배치분산분석 (ONEWAY-Analysis of Variance)에서 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan의 다중분석법으로 유의차를 검정하였다. 항목 간의 상관관계는 단순 선형 회기분석(Simple linear regression analysis)을 통해 단순상관계수(*Pearson*'s correlation coefficient)로 나타내었다. 통계분석에는

SPSS (ver. 14.0, SPSS Inc., IL, U.S.A) 프로그램을 사용하였다.

제 4 장 결과 및 고찰

제 1 절 케이크 반죽의 물리화학적 특성

1. 반죽의 pH

케이크 반죽은 부재료 (dry ingredients)가 용해, 분산되어 있는 aqueous phase를 연속상으로 하는 oil-in-water emulsion이다. 케이크 반죽의 물리적 특성은 케이크 제조과정 및 완성된 케이크의 품질에 영향을 미치는 중요한 인자이다.[38] 특히 케이크 반죽의 pH는 최종 제품의 색과 질감에 영향을 주는 중요한 요인이다.

따라서 백설탕을 프락토올리고당으로 대체하여 제조한 스폰지 케이크 반죽의 pH를 측정하였다 (Fig. 4). FR1의 pH는 대조구보다 약간 높았으나 유의적인 차이가 없었다. FR2 및 FR3은 대조구의 pH보다 유의적으로 높은 pH 수준을 나타내었다. 단순회기분석결과(Fig.5), 반죽의 pH는 스폰지 케이크 제조시에 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 증가하였다.

38)F. Ronda, Gomez, M. Blanco, C.A. and Calallero, A., 2005, "Effects of Polyols and Nondigestiable Oliosacharides on the Quality of Sugar-free Sponge Cakes", *Food Chem. 90,* pp 549-555, R.C. Hoseney, and Smewing, J., 1999, "Instrumental Measurement of Stickiness of Doughs and Other Foods", *J. Text. Stud. 30,* pp 123-136.

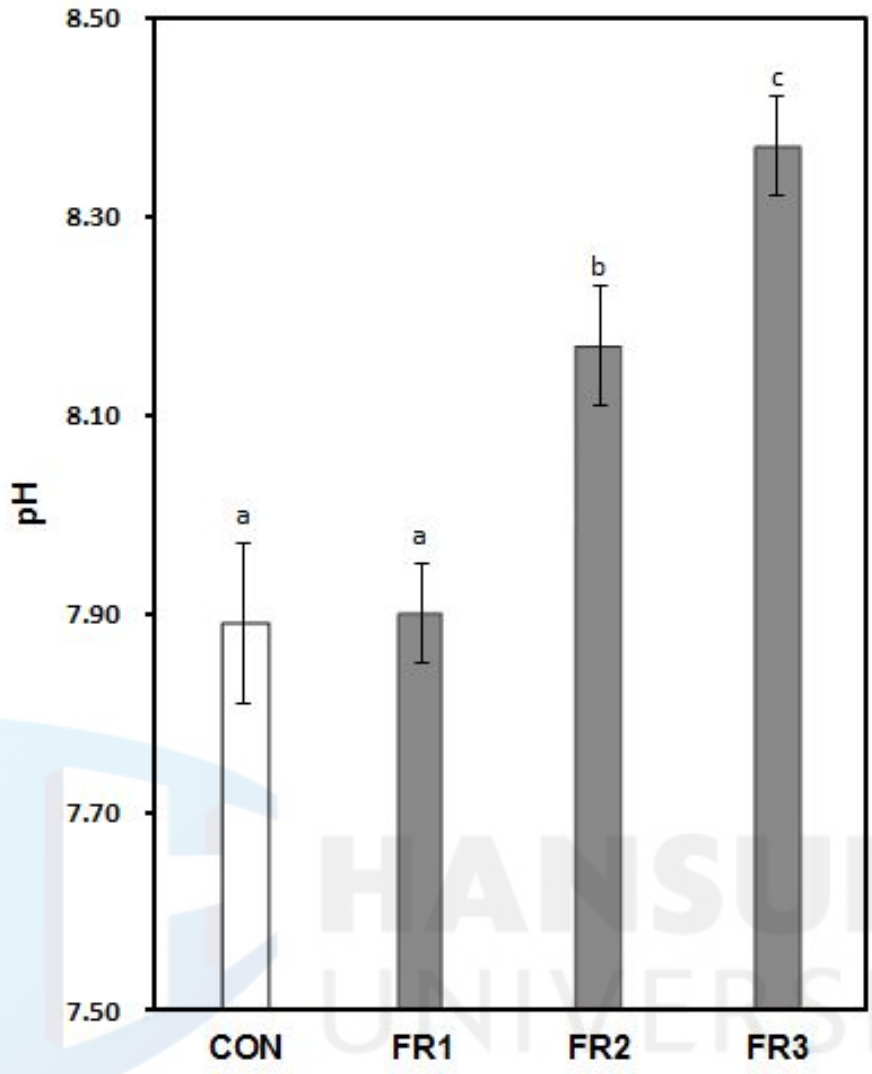

Fig. 4. The pH values of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

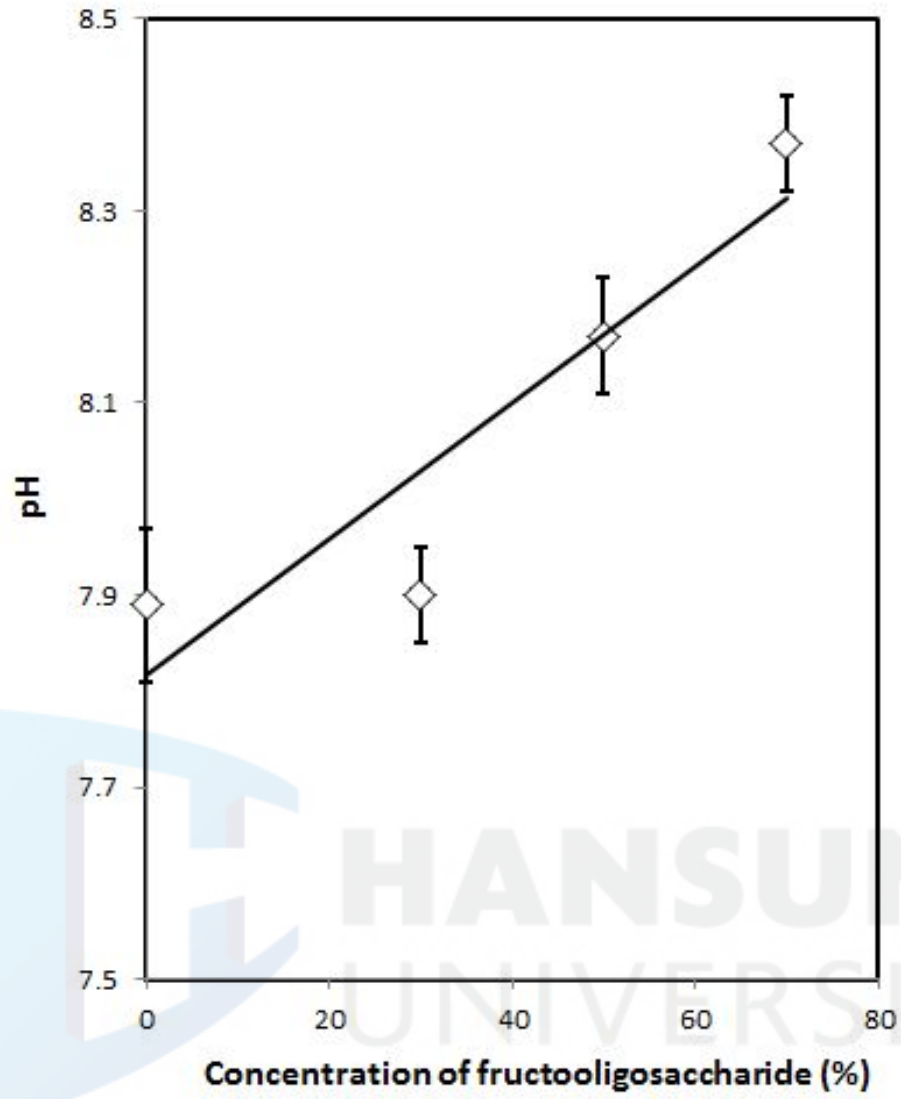

Fig. 5. Simple regression analysis between the pH value and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

2. 반죽의 비중 (Specific gravity)

FR1 및 FR2는 대조구보다 케이크 반죽의 비중이 낮아졌으나 유의적이지는 않았다. 반면에 FR3은 대조구 및 다른 실험구보다 유의적으로 낮은 반죽 비중을 나타내었다 (Fig. 6). 단순회기분석결과(Fig.7), 반죽의 비중은 스폰지 케이크 제조시에 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 감소하였다 .

일반적으로 스폰지 케이크의 비중은 0.45-0.50 사이이다.[39] 대조구와 FR1의 반죽 비중은 일반적인 스폰지 케이크 반죽의 비중 범위를 나타내었다. 반죽은 반죽시 혼입되는 공기의 양이 많을수록 가벼워지므로, 반죽의 비중도 작아지게 된다.[40] 케이크 반죽의 비중이 작으면 케이크 부피가 커지고, 내부조직이 고르지 못하고 거친 케이크가 되어 약하고 부서지기 쉽다.[41] 이와 같이 반죽의 비중은 최종 제품의 품질에 영향을 미치기 때문에 케이크 제조시에는 반죽의 비중을 일정하게 조절하는 것이 필요하다.

HANSUNG UNIVERSITY

39)M. Mizukoshi, 1991, "Thermal Expansion of Cake Battter", *Phenomenon of Suspension (2). Pain 38,* pp 46-49.
40)이진경, 오명숙, 2010, 「당알코올 첨가 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국식생활문화학회지』 25, 한국식생활문화학회, pp 615-624.
41)양혜영, 조영주, 오상석, 박기환, 2003, 「대두유와 버터의 첨가비율 및 온도가 스펀지케익의 품질에 미치는 영향」, 『한국식품과학회지』35, 한국식품과학회, pp 856-864.

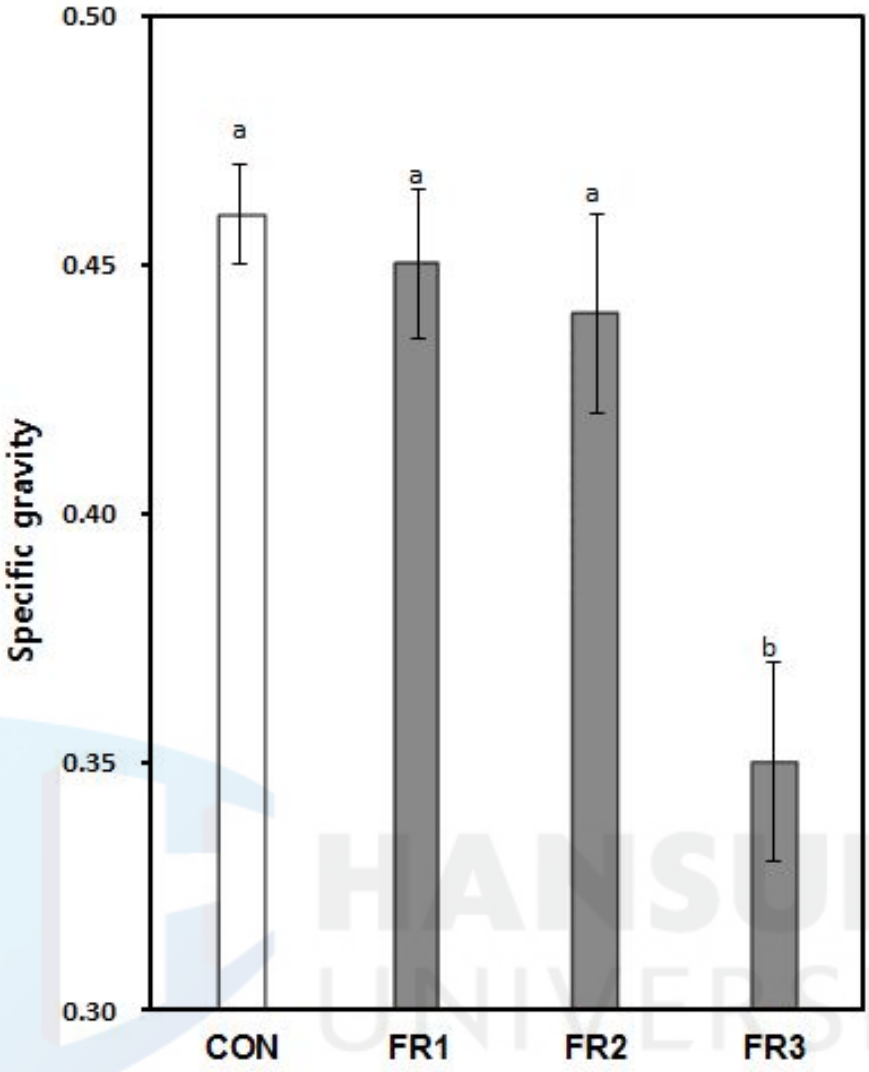

Fig. 6. Specific gravity of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

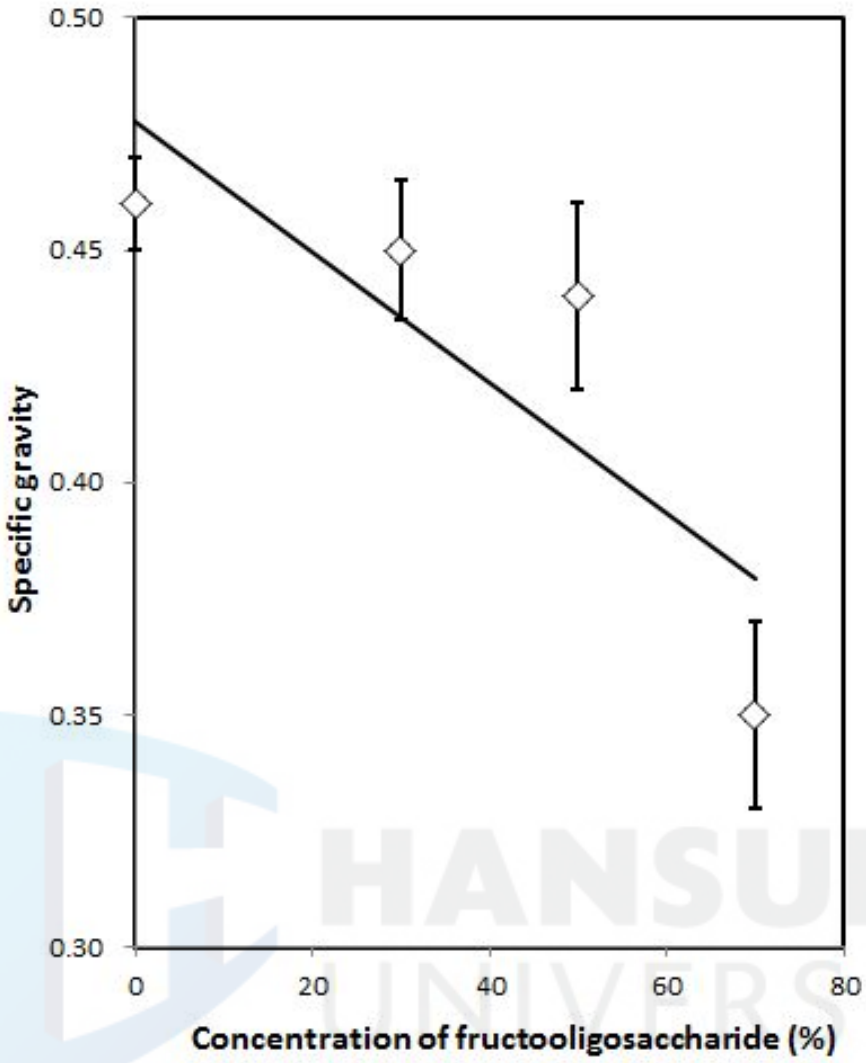

Fig. 7. Simple regression analysis between the specific gravity and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.002.

3. 반죽의 점도 (Viscosity)

대조구의 점도가 약 6,300 cps로 가장 낮았고, 설탕을 대체하는 프락토올리고당의 양이 증가할수록 반죽의 점도가 증가하였다. 대조구와 FR1, 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았고 FR2 및 FR3은 대조구보다 유의적으로 높은 점도를 나타내었다 (Fig. 8). 단순회기분석결과(Fig.9), 반죽의 점도는 스폰지 케이크 제조시에 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 증가하였다

케이크 반죽에 많은 양의 공기가 혼입될수록 반죽의 점도가 상승하게 된다. 점도가 높을수록 반죽 내에 형성된 기포가 케이크 표면으로 이동하기 어렵기 때문에, 반죽의 높은 점도는 기포의 안정성에 기여하는 인자이다.[42] 케이크 반죽에 올리고당을 첨가할 경우, 반죽의 점도는 상승하는 것으로 보고되고 있다.[43] 본 실험에서도 프락토올리고당을 첨가할수록 반죽의 점도가 상승되었는데, 이는 프락토올리고당의 점도 때문인 것으로 사료되었다. 즉, 프락토올리고당의 점도는 물엿보다는 낮고 설탕보다는 조금 높다.[44] 따라서 실험구의 점도가 대조구보다 유의적으로 상승한 것으로 사료되었다.

HANSUNG UNIVERSITY

42)이진경, 오명숙, 전게논문, pp 615-624.,
43)상게논문, pp 615-624.
44)이철호, 박춘상, 한복진, 김봉찬, 장지향, 「대체감미료 당유도체의 유변성에 관한 연구」, 『한국식품과학회지』22, 한국식품과학회, p 852.

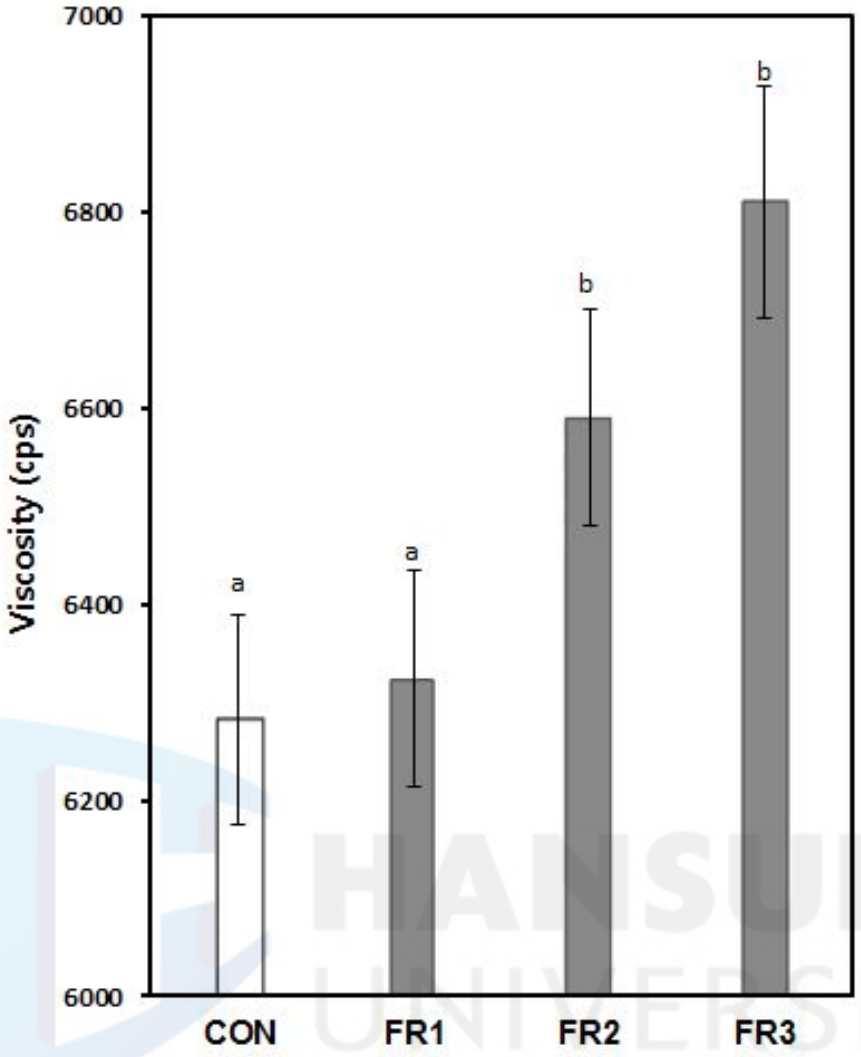

Fig. 8. Viscosity of sponge cake batters made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

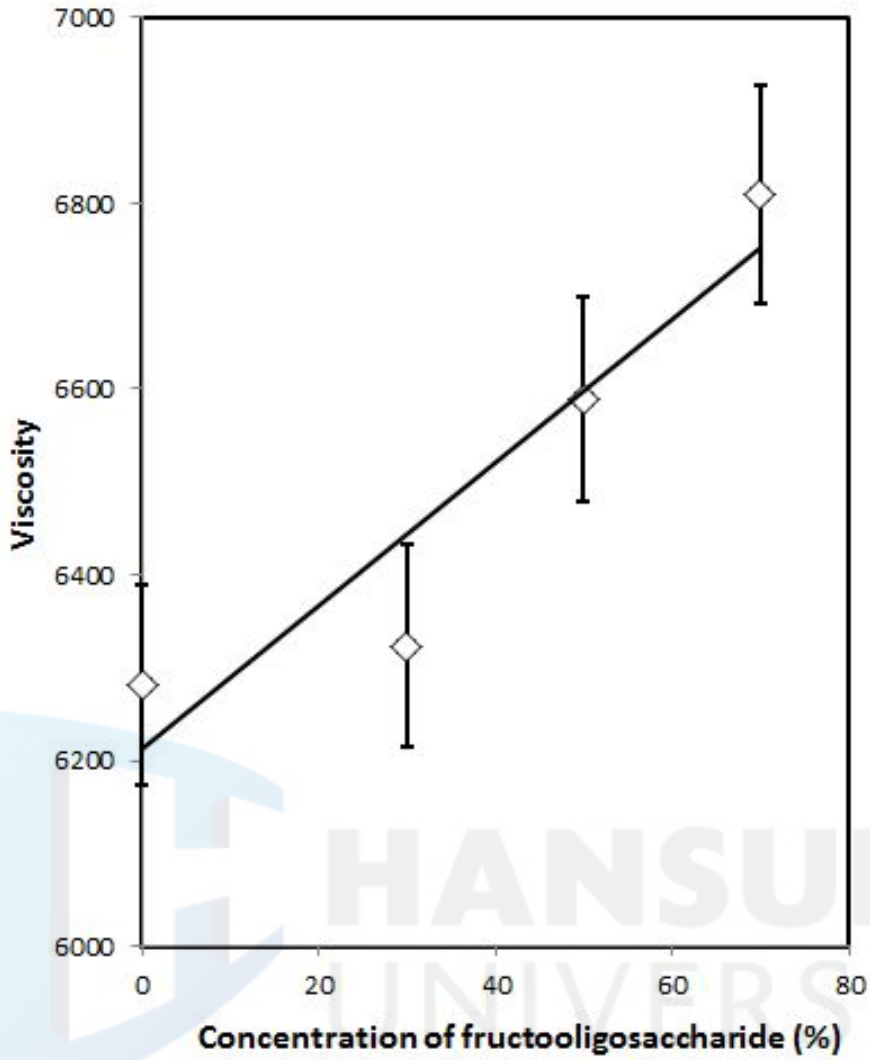

Fig. 9. Simple regression analysis between the viscosity and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

4. 프락토올리고당과 반죽 특성과의 상관관계

스폰지 케이크 제조시에 첨가되는 프락토올리고당의 첨가량과 반죽 특성 간의 상관관계를 산출하였다 (Table 4). 스폰지 케이크 반죽의 pH와 점도는 프락토올리고당의 첨가량과 정의 상관관계를 나타내었고, 비중은 부의 상관관계를 나타내었다. 또한 반죽의 pH, 비중, 점도 사이에 유의적인 상관관계가 관측되었다. 즉, 반죽의 pH는 점도와는 강한 정의 상관관계를, 비중과는 강한 부의 상관관계를 나타내었고, 비중과 점도 사이에는 약한 부의 상관관계를 나타내었다.

HANSUNG UNIVERSITY

Table 4. *Pearson*'s correlation coefficients between the fructooligosaccharide concentration and the physicochemical factors of sponge cake batter.

	FR	pH	Specific gravity	Viscosity
FR	1	0.890**	−0.793**	0.861**
pH	0.890**	1	−0.773**	0.984**
Specific gravity	−0.793**	−0.773**	1	−0.693*
Viscosity	0.861**	0.984**	−0.693*	1

FR; Fructooligosaccharide, *; $p < 0.05$, **; $p < 0.01$.

제 2 절 스폰지 케이크의 품질특성제

1. 케이크 내부 온도의 변화

스폰지 케이크를 굽는 동안 나타난 케이크 중심부의 온도 변화는 Fig. 10과 같다. 모든 시료의 내부 온도는 20분까지 급격히 증가하였고, 그 후에는 온도 변화가 완만히 나타났다. 대조구, FR1 및 FR2는 케이크 내부 온도 변화 양상이 유사하였다. FR3은 15분 이후에는 대조구보다 낮은 내부온도를 나타내었으나 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 케이크를 굽는 동안 중심부의 최대 온도는 89.2-90.7℃로 100℃ 보다 낮은 온도를 유지하였다. 프락토올리고당은 100℃까지는 열에 의해 분해되지 않는다.[45] 따라서 프락토올리고당이 지닌 건강기능성은 소실되지 않고 스폰지 케이크 내에 포함되어 있을 것으로 추정하였다.

감미료는 단맛과 특유의 방향, 색을 부여할 뿐만 아니라 글루텐 형성을 저해하여 질감을 부드럽게 하고 기포형성을 도와주며 전분의 호화를 지연시켜 케이크의 팽화를 도와준다.[46] 케이크 제조시 주로 사용되는 감미료는 설탕이지만 유당, 당유도체, 고과당옥수수시럽 (high fructose corn syrup; HFCS) 등 다양한 감미료를 이용한 케이크의 제조에 관한 연구가 보고되고 있다. polydextrose를 사용한 스폰지 케이크는 설탕만을 사용한 케이크에 비하여 방향, 색, 부드러운 정도 등 관능적 특성이 더 우수하고,[47] 과당/솔비톨l/스테비오사이드를 사용한 케이크는 설탕을 사용한 케이크에 비해 부피가 증가했다.[48] 설탕의 15-25%를 HFCS로 대체한 케이크는 색이 더 진하고 texture가 우수하며,[49] 50% 이상의 HFCS를 사용한 케이크는 부피가 작아지고 견고성이

---

45)김정열, 육철, 권혁건, 홍성용, 박찬구, 박경호(1995), 「이소말트올리고당과 프락토올리고당의 물리적 성질및 생리학적 특성」, 『한국식품과학회지』27, 한국식품과학회, pp 170-175.

46)김창순, 전게논문, pp 520-529.

47)T.M. Freeman, 1989, "Sweetening Cake and Cake Mixes with Alitame", *Ceral Foods Worlds 34:* pp1013-1015.

48)최영진, 김광옥, 1990, 「대체 감미료를 이용한 Sponge Cake 의 특성」, 『한국조리과학회지』6, 한국조리과학회, pp 59-65.

증가했다.[50] 이와 같이 감미료의 종류나 배합비율은 케이크의 특성에 큰 영향을 주므로 적당한 감미료의 사용은 우수한 케이크 제조에 매우 중요한 요인이 된다.[51]

HANSUNG UNIVERSITY

49)H.J. Sauaele, Ziegler, H. F. and Weideman, J. H., 1983, "High Fructose Corn Syrups for Bakery Applications", *Baker's Digest 21,* pp 26-28.

50)P.E. Coleman, and Harbers, C.A.Z., 1983, "High Fructose Corn Syrup: Replacement for Sucrose in Angel Cake", *J. Food Sci. 48,* pp 452-456.

51)이경애, 이윤진, 이선영, 1999, 「올리고당을 사용한 스폰지 케이크의 물리적, 관능적 및 텍스쳐 특성」, 『한국식품영양과학회지』28, 한국식품영양과학회, pp 547-553.

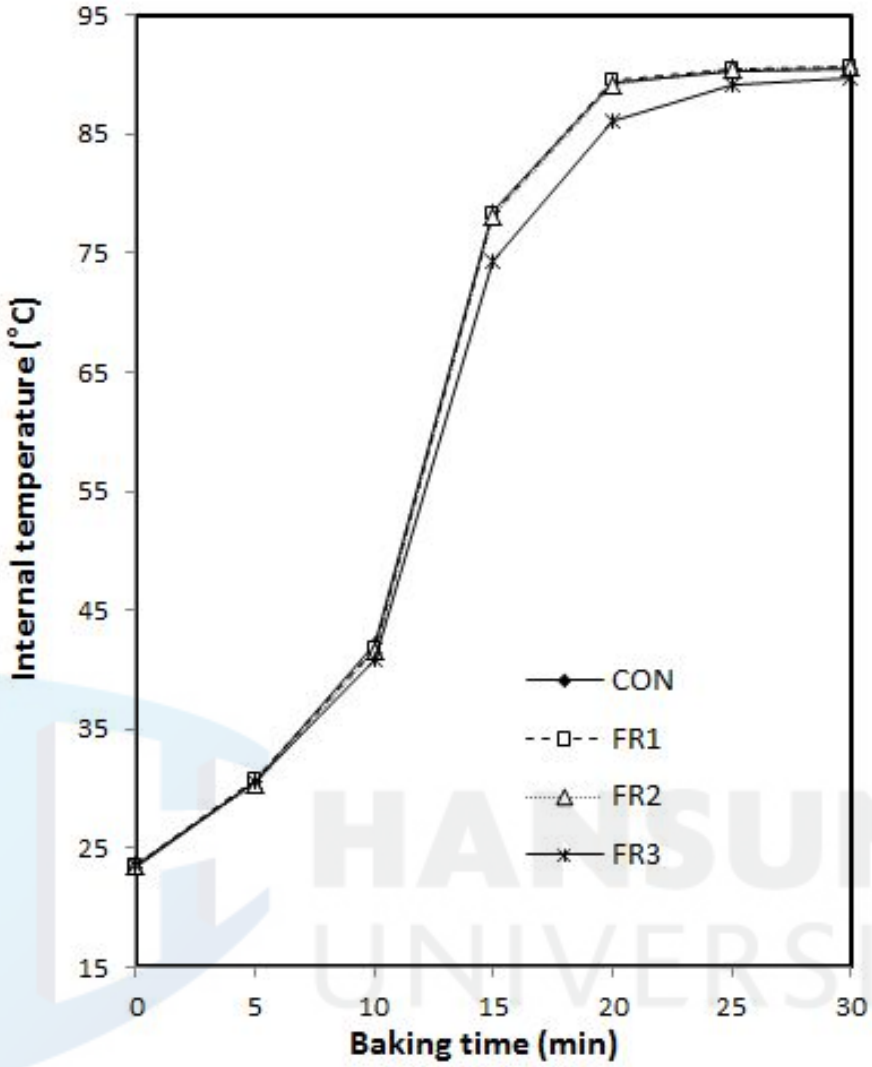

Fig. 10. Internal temperature of sponge cakes prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Significant differences were not detected among tested samples.

2. 중량과 수분함량

스폰지 케이크의 중량은 대조구보다 실험구에서 수치가 더 높았으나 대조구와 FR1은 유의적인 차이가 없었다 (Fig. 11). 단순회귀분석 결과 (Fig. 12), 케이크의 중량은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 증가하였다 ($y = 0.1302x + 260.92$, $R^2 = 0.695$).

스폰지 케이크의 수분함량을 측정한 결과는 Fig. 13과 같다. 대조구와 FR1 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, FR2와 FR3 사이에서는 대조구보다 높은 수분함량을 나타내었다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 14), 케이크의 수분함량은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 증가하였다 ($y = 0.0472x + 36.532$, $R^2 = 0.945$).

프락토올리고당의 수분활성도는 sucrose, xylitol, sorbitol보다 현저히 낮고, 동일 농도에서는 erythritol과 유사하여, 수분활성도는 30% 농도에서는 설탕이 0.95, 프락토올리고당이 0.91 50% 농도에서는 설탕 0.93, 프락토올리고당 0.78 이었다.[52] 또한 프락토올리고당은 설탕보다 수분보습효과가 높았다, 70% 당농도, 70% 습도에서 40일간 저장시 설탕은 1.2%, 프락토올리고당은 0.72%의 수분감소율을 나타내었다.[53] 따라서 실험구의 중량이 대조구보다 높은 것은 플락토올리고당 첨가에 의한 수분보유 효과인 것으로 사료되었다.

52)이철호, 변상희, 1997, 「대체감미료 에리스리톨의 이화학적인 성질에 관한 연구」, 『한국식품과학회지』 29, 한국식품과학회지, pp 1089-1093.
53)상게논문, pp 1089-1093.

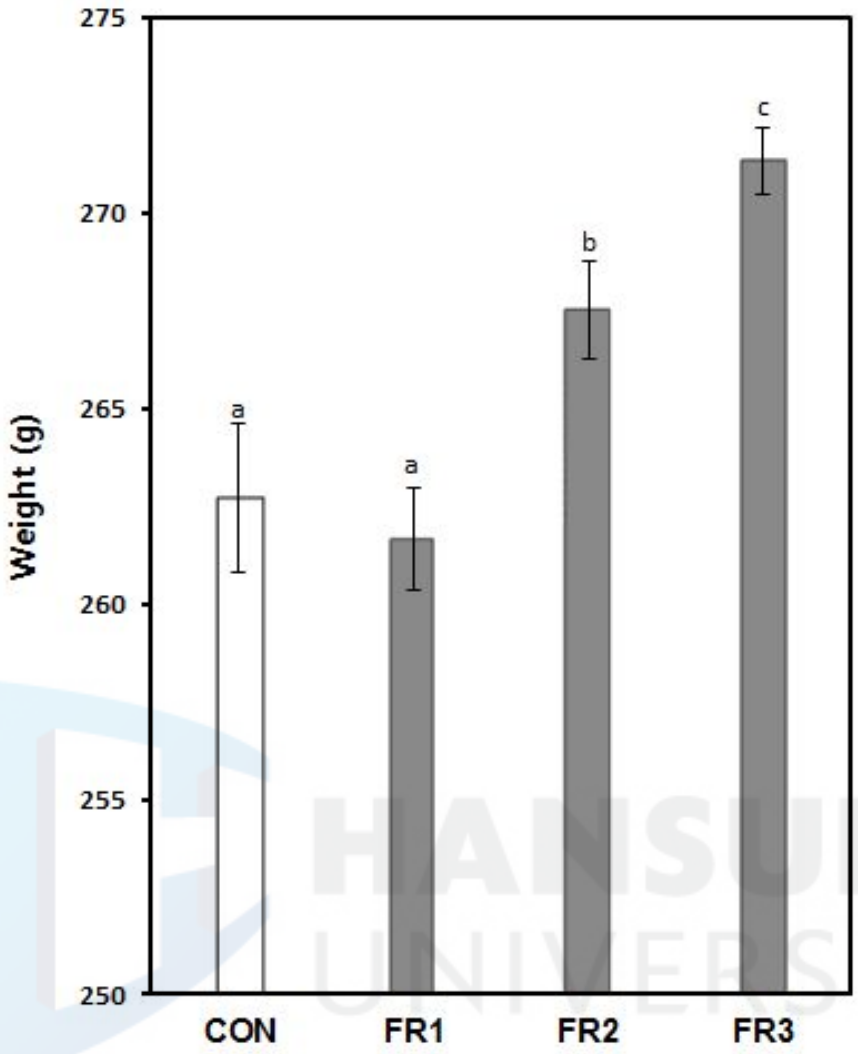

Fig. 11. Weight of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

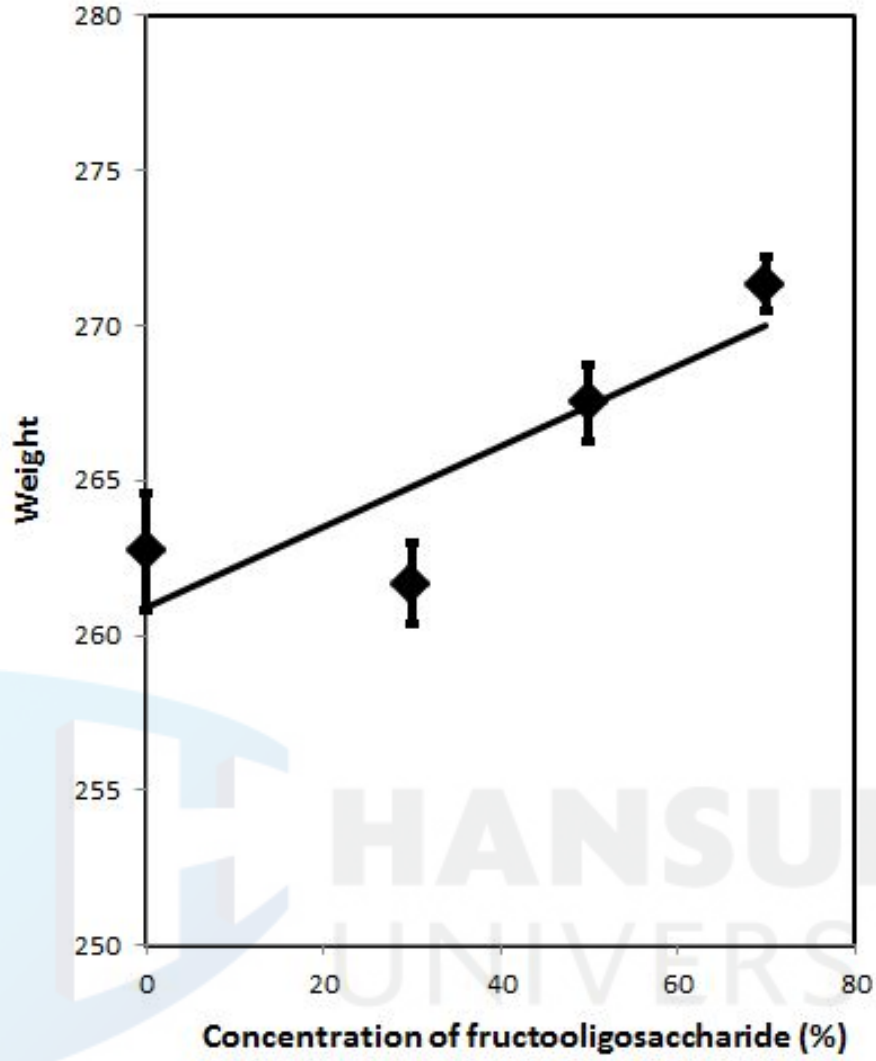

Fig. 12. Simple regression analysis between the weight and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

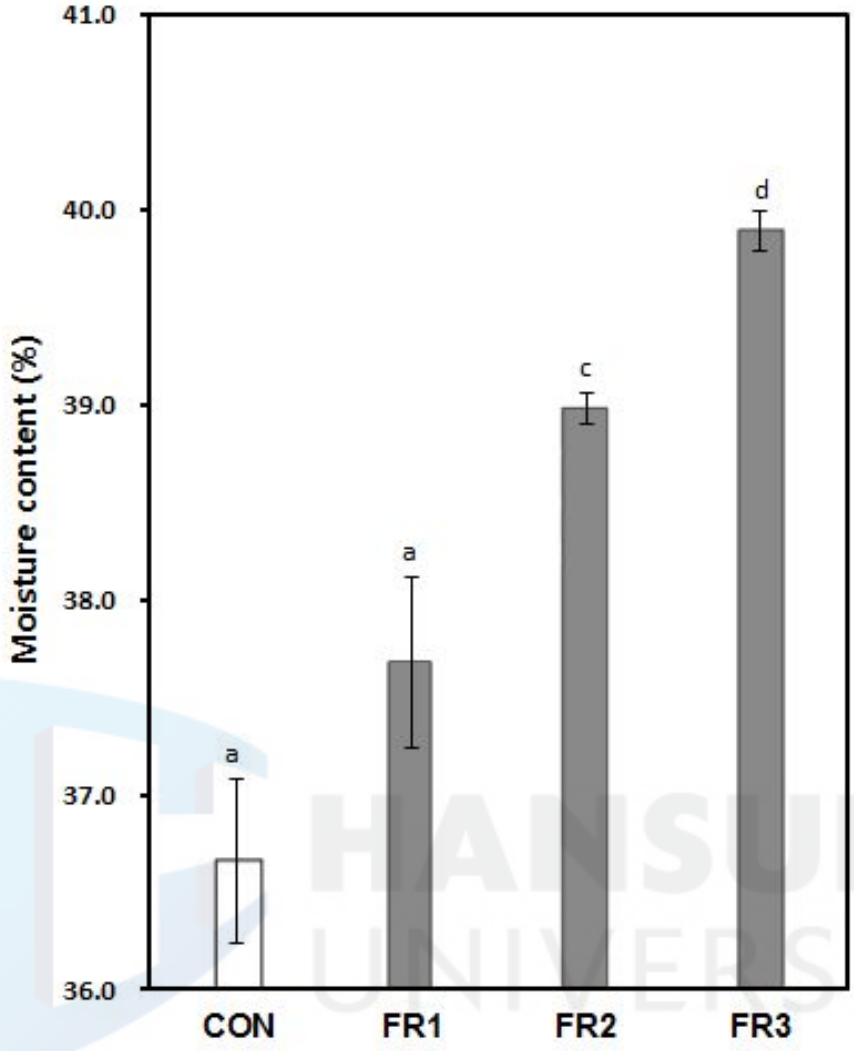

Fig. 13. Moisture contents of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

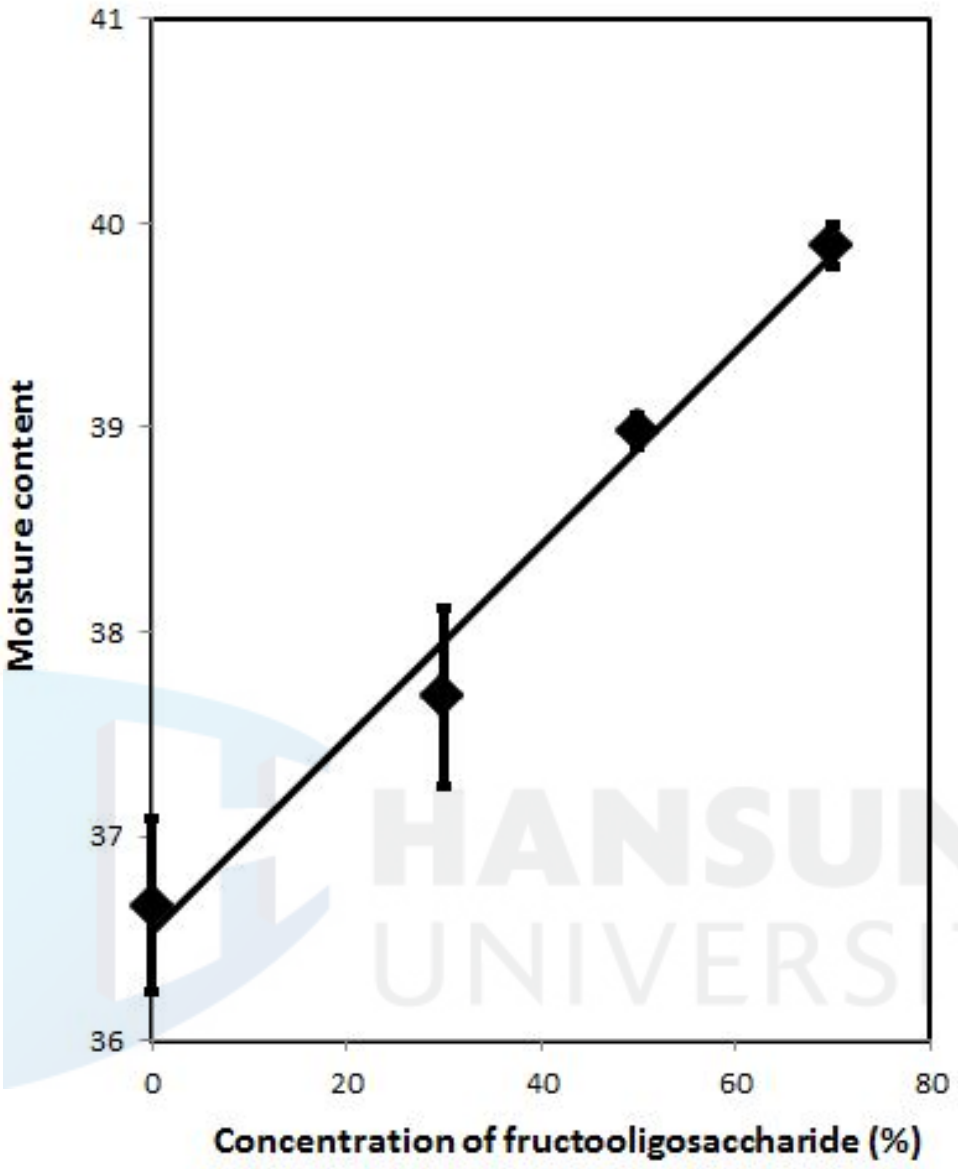

Fig. 14. Simple regression analysis between the moisture content and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

3. 비용적

스폰지 케이크의 부피는 설탕을 대체하는 프락토올리고당의 양이 증가할수록 부피는 감소하였다 (Fig. 15). 대조구와 FR1 사이, FR1과 FR2 사이, 및 FR와 FR3 사이에 유의적인 차이는 관측되지 않았다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 16), 케이크의 중량은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 감소하였다 ($y = -0.381x + 1023.9$, $R^2 = 0.693$).

설탕을 대체하여 첨가하는 프락토올리고당의 첨가량이 증가할수록 스폰지 케이크의 중량은 증가하고 부피는 감소하였기 때문에, 부피와 중량의 비율로 산출되는 비용적 (specific volume)은 Fig. 17에서와 같이 실험구가 대조구보다 낮았다. 대조구와 FR1 사이, FR2와 FR3 사이에 유의적인 차이는 관측되지 않았다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 18), 케이크의 비용적은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 감소하였다 ($y = -0.0034x + 3.9333$, $R^2 = 0.694$).

제과제빵에서 설탕은 글루텐이 과다하게 형성되는 것을 억제하며 굽는 동안에 글루텐 골격이 형성되는 시간을 지연시키고, 전분의 호화를 지연시켜 최종 제품의 부피를 유지하는 역할을 한다.[54] 케이크의 부피는 공기의 혼입, 구울 때 케이크의 골격을 형성시켜 주는 글루텐의 양, 밀가루 내의 전분의 반죽 점성 유지 및 굽는 동안의 전분의 호화에 의해 영향을 받는다.[55] 또한 케이크의 specific volume은 반죽에 혼입된 공기의 양과 구울 때 케이크의 골격을 형성시켜 주는 글루텐 (단백질)과 관련이 있다.[56] 케이크의 품질 특성에 중요한 요인 중의 하나인 '최적의 부피'를 갖기 위해서는 굽기 과정에서의 케이크의 팽화와 더불어 팽창된 구조의 안정성이 중요하다.[57]

---

54)이진경, 오명숙, 전게논문, pp 615-624.
55)김영애, 1998, 「올리고당의 첨가가 케잌의 품질과 노화에 미치는 영향」, 『한국식품영양과학회지』 27, 한국식품영양과학회, pp 875-880.
56)상게논문, pp 875-880.
57)이진경, 오명숙, 전게논문, pp 615-624.

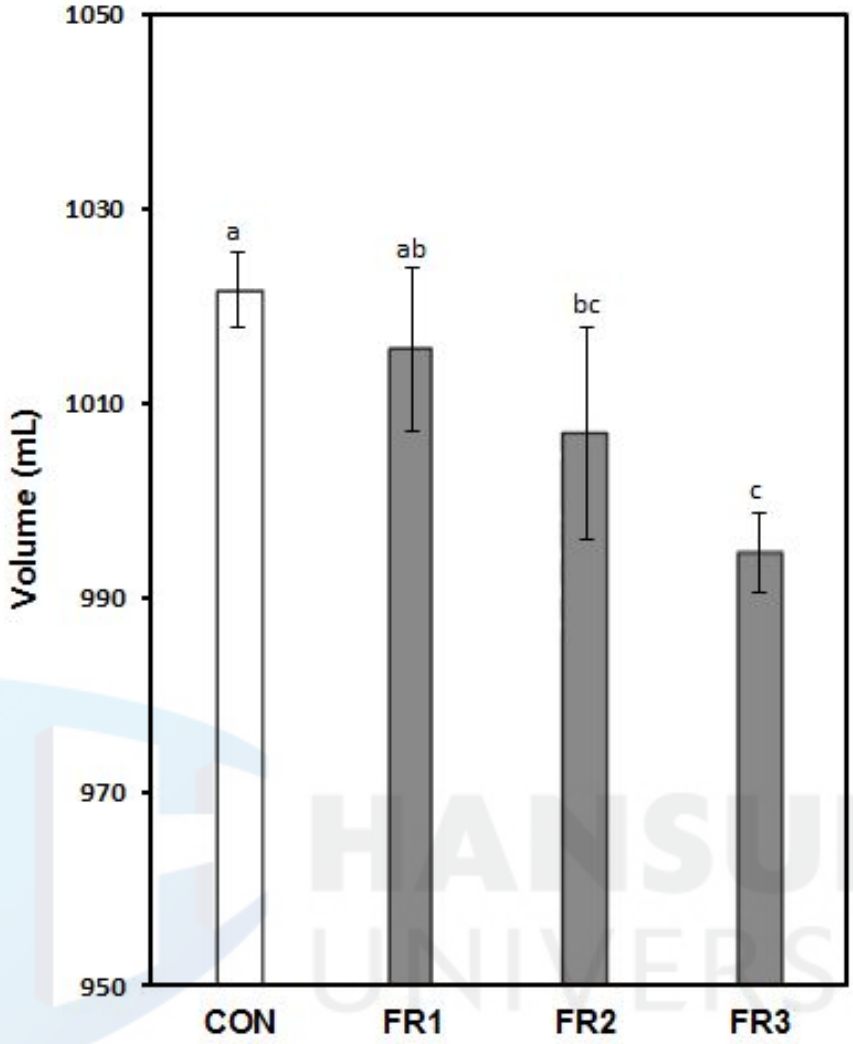

Fig. 15. Volume of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

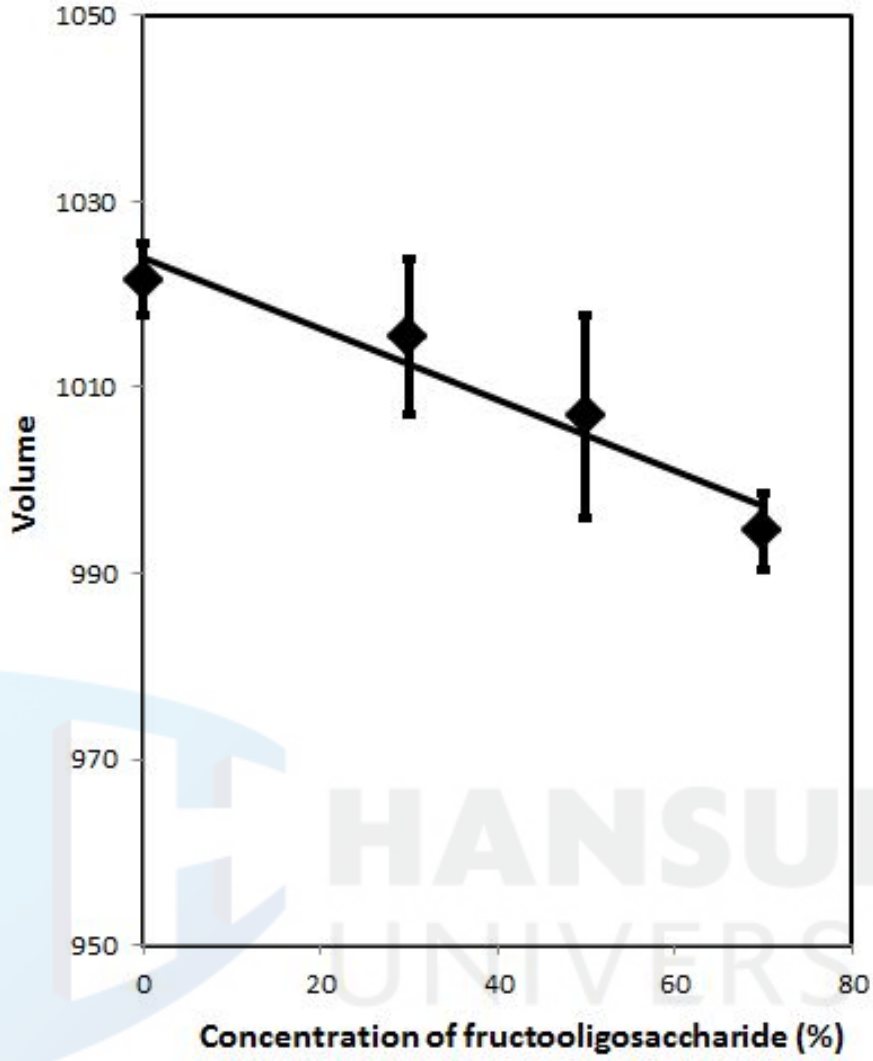

Fig. 16. Simple regression analysis between the volume and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

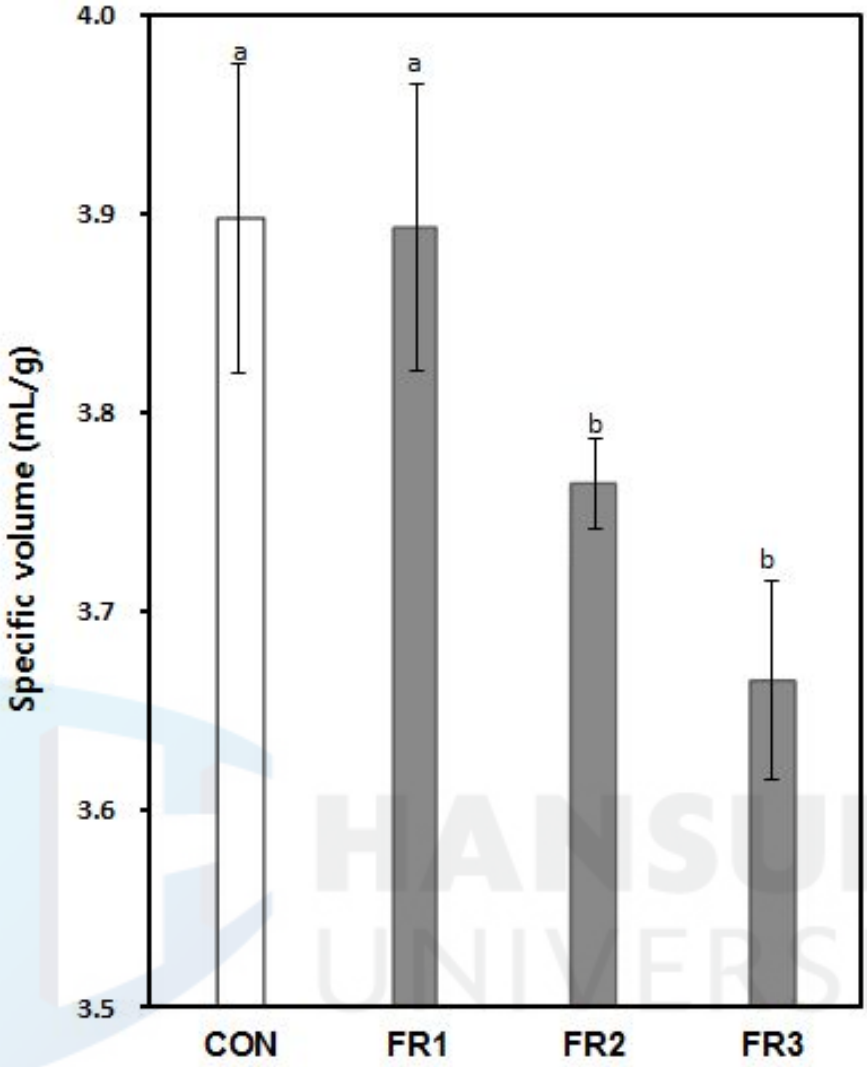

Fig. 17. Specific volume of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

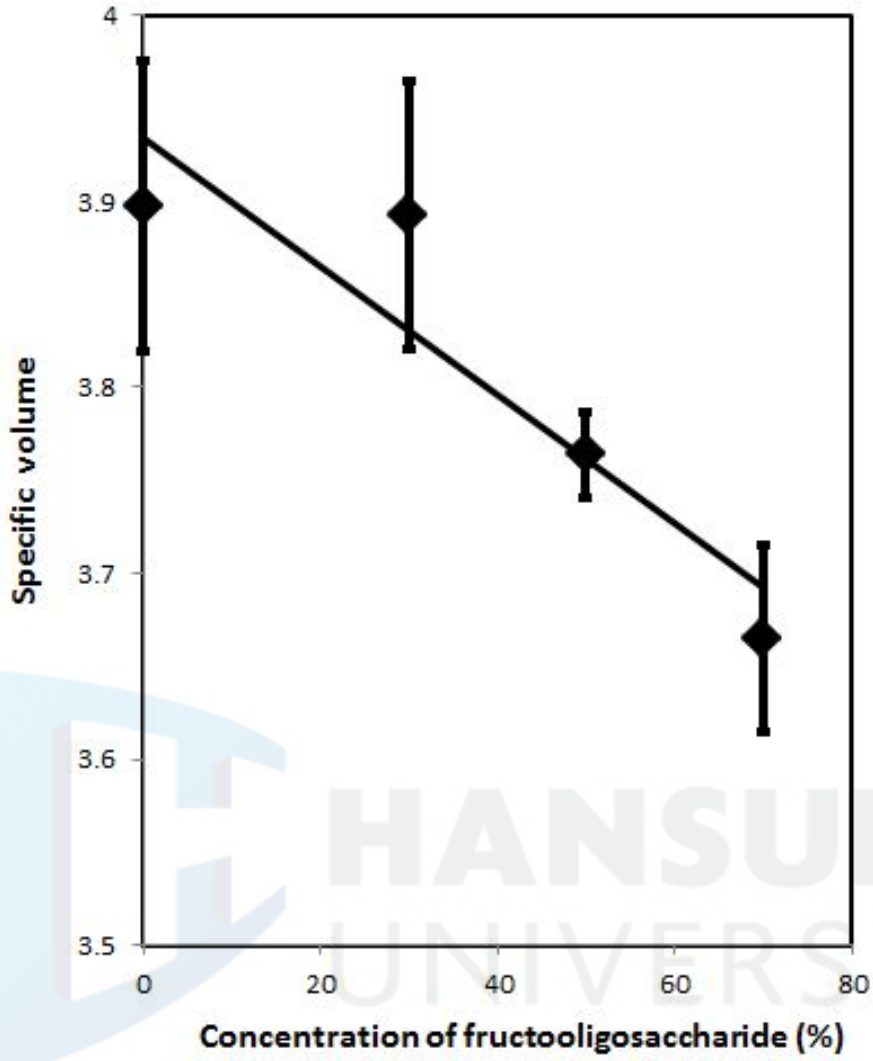

Fig. 18. Simple regression analysis between the specific volume and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

4. 굽기손실율

설탕을 프락토올리고당으로 대체한 스폰지 케이크의 굽기손실율(baking loss rate; BLR)을 측정한 결과는 Fig. 19와 같다. FR1의 굽기손실율이 대조구보다 약간 높았으나 두 그룹 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. FR2와 FR3은 대조구 및 FR1보다 유의적으로 낮은 굽기손실율을 나타내었다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 20), 케이크의 굽기손실율은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 감소하였다 ($y = -0.0433x + 13.025$, $R^2 = 0.695$).

케이크를 제조하는 최종 공정은 “굽기”로서, “굽기과정”에서는 복잡한 여러 반응이 일어나게 되는데, 대표적인 것이 부피의 증가, 껍질의 형성, 단백질의 변성, 전분의 호화, 갈변 반응 등이다.[58] 반죽에 열이 침투하여 수증기압이 증가되고 비점이 낮은 액체부터 물까지 팽창되면서 기체로 빠져나가며 굽기 손실이 발생 된다.[59] 굽는 과정에서의 수분은 수증기로 팽창되어 케이크의 부피를 팽창시키며, 굽기 손실율이 적을수록 케이크 내부에 보존되는 수분의 양이 많기 때문에 케이크가 보다 촉촉한 질감을 갖는 것[60]으로 설명할 수 있다.

HANSUNG UNIVERSITY

58)최순남, 정남용, 2010, 「캐슈를 첨가한 파운드케이크의 품질특성」, 『한국식품조리과학회지』 26, 한국식품조리과학회, pp198-205.

59)Y. Fujiyama, 1989, “The Method of Experiment", Japan International Baking School, *Tokyo, Japan,* pp 3-57.

60)P.T. Berglund, and Hertsgaard, D.M., 1986, "Use of Vegetable Oils at Reduced Levels in Cake, Pie Crust, Cookies and Muffins", *J. Food Sci.* 51. pp 640-644.

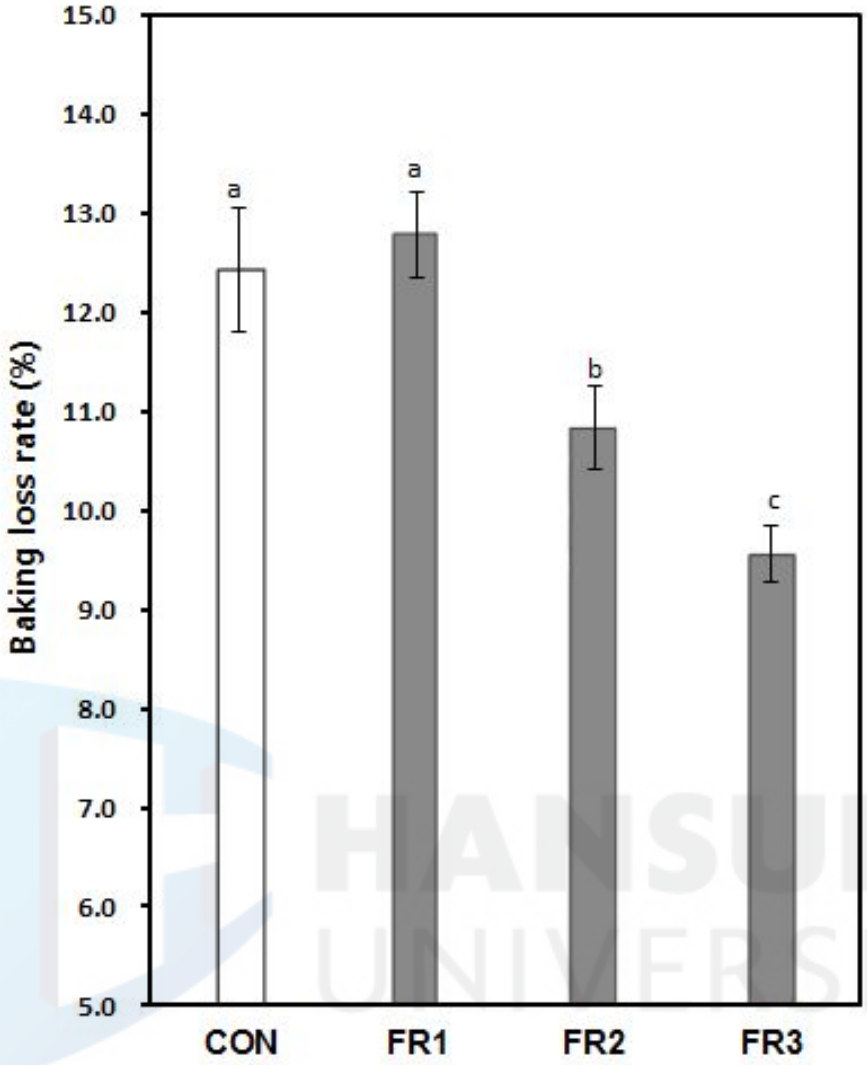

Fig. 19. Baking loss rate of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

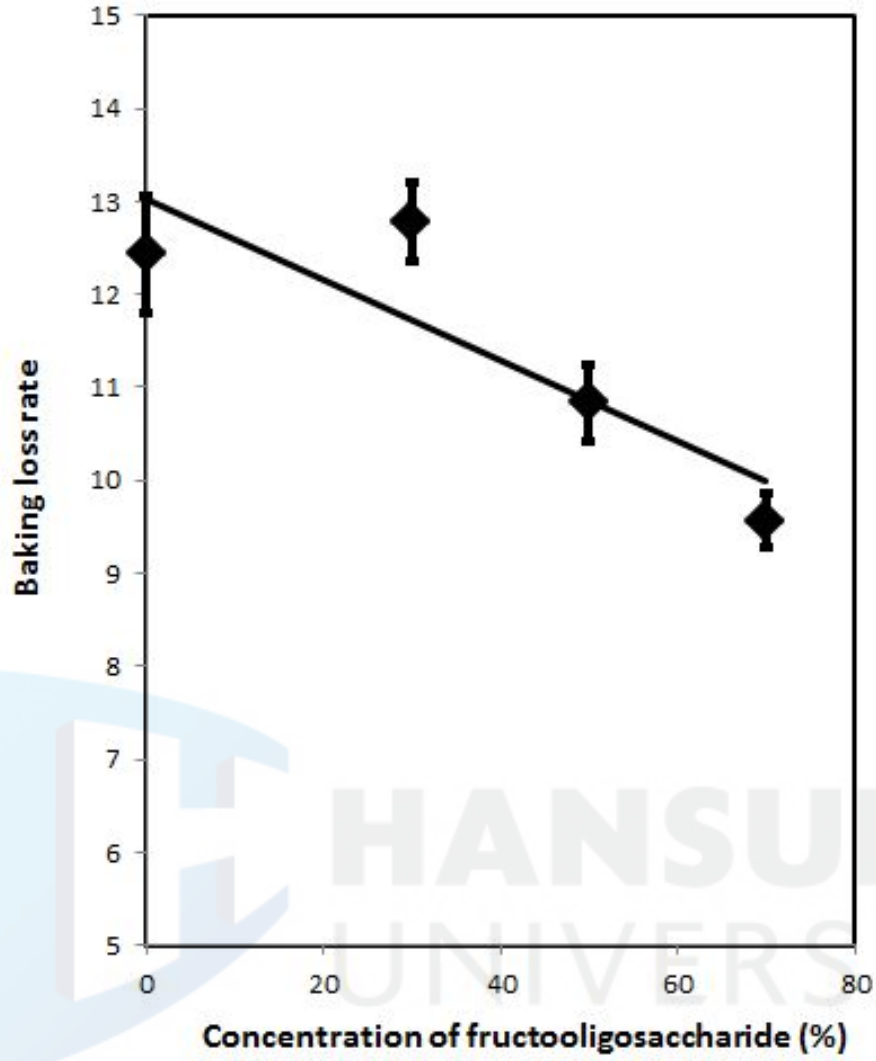

Fig. 20. Simple regression analysis between the specific volume and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

5. 프락토올리고당과 물리적 특성과의 상관성

스폰지 케이크 제조시에 설탕을 대체하여 첨가하는 프락토올리고당과 케이크의 물리적 특성과의 상관관계 (correlation)를 산출하였다. Table 5에서와 같이, 프락토올리고당은 스폰지 케이크의 모든 물리적 특성에 유의적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 프락토올리고당의 첨가량은 케이크의 중량 및 수분함량과는 강한 정의 상관관계를 나타내었다. 반면에 프락토올리고당은 케이크의 부피, 비용적, 및 굽기손실율과는 강한 부의 상관관계를 나타내었다.

프락토올리고당을 첨가하여 제조한 스폰지 케이크의 물리적 특성 간의 상관관계 (*Pearson*'s correlation)를 산출하였다 (Table 6). 케이크의 물리적 특성들은 서로에게 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 케이크의 중량은 수분함량과 정의 상관관계를 나타내었다. 따라서 케이크의 수분함량이 많을수록 중량이 커지는 것으로 사료되었다. 또한 케이크의 중량은 굽기손실율에 강한 부의 상관관계를, 굽기손실율은 수분함량에 강한 부의 상관관계를 나타내었다. 그러므로 굽는 과정동안의 수분 손실이 감소하여 케이크의 수분함량이 높아졌고, 최종적으로 케이크의 중량이 증가한 것으로 나타났다.

케이크의 비용적은 중량과는 약한 부의 상관관계를, 부피와는 강한 정의 상관관계를 나타내었다. 중량과 상관성이 높은 굽기손실율 및 수분함량과는 상관성이 높지 않았다. 따라서 케이크의 비용적은 케이크의 부피에 가장 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table 5. Correlation coefficients between the fructooligosaccharide concentration and the physical factors of sponge cake.

	Weight	Volume	SV	BLR	Moisture
FR	0.834**	−0.832**	−0.833**	−0.834**	0.972**

**; $p < 0.01$.

FR; fructooligosaccharide, SV; specific volume, BLR; baking loss rate, Moisture; moisture content.

Table 6. *Pearson*'s correlation coefficients of the physical factors of sponge cake.

	Weight	Volume	SV	BLR	Moisture
Weight	1				
Volume	−0.655*	1			
SV	−0.770**	0.917**	1		
BLR	−0.987**	0.665*	0.770**	1	
Moisture	0.914**	−0.768**	−0.792**	−0.914**	1

*; $p < 0.05$, **; $p < 0.01$.

FR; fructooligosaccharide, SV; specific volume, BLR; baking loss rate, Moisture; moisture content.

6. 케이크의 외관

부피지표 (volume index),

부피지수는 실험구가 대조구보다 낮은 부피지수를 나타내었다 (Fig. 21). 그러나 대조구와 FR1 및 FR2 사이에 유의적인 차이는 관측되지 않았고, FR2와 FR3 사이에도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 22), 케이크의 부피지표는 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 감소하였다 ($y = -0.1874x + 138.92$, $R^2 = 0.591$).

대칭성지표 (symmetry index)

대칭성지표는 케이크 모양의 균형을 나타내는 지표이다. 대칭성지표는 대조구가 가장 높았고 실험구는 대조구보다 낮았으나 유의적인 차이는 없었다 (Fig. 23). 이는 실험상의 오차로 사료되었다. 따라서 설탕의 70%까지를 프락토올리고당으로 대체하여도 스폰지 케이크의 균형을 유지할 수 있었다.

균일성지표 (uniformity index)

균일성지표는 스폰지 케이크의 좌우 대칭성을 나타내는 것으로 대조구와 실험구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 24). 설탕의 30-50%까지를 프락토올리고당으로 대체하였을 때, 케이크의 균일성지표가 대조구보다 증가하였다.

따라서 스폰지 케이크 제조시 설탕의 50%까지를 프락토올리고당으로 대체하여도 케이크의 외관은 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 스폰지 케이크 제조시 xylitol[61] 를 첨가하였을 때와 유사하였다.

61) 이진경, 오명숙, 전게논문, pp 615-624.

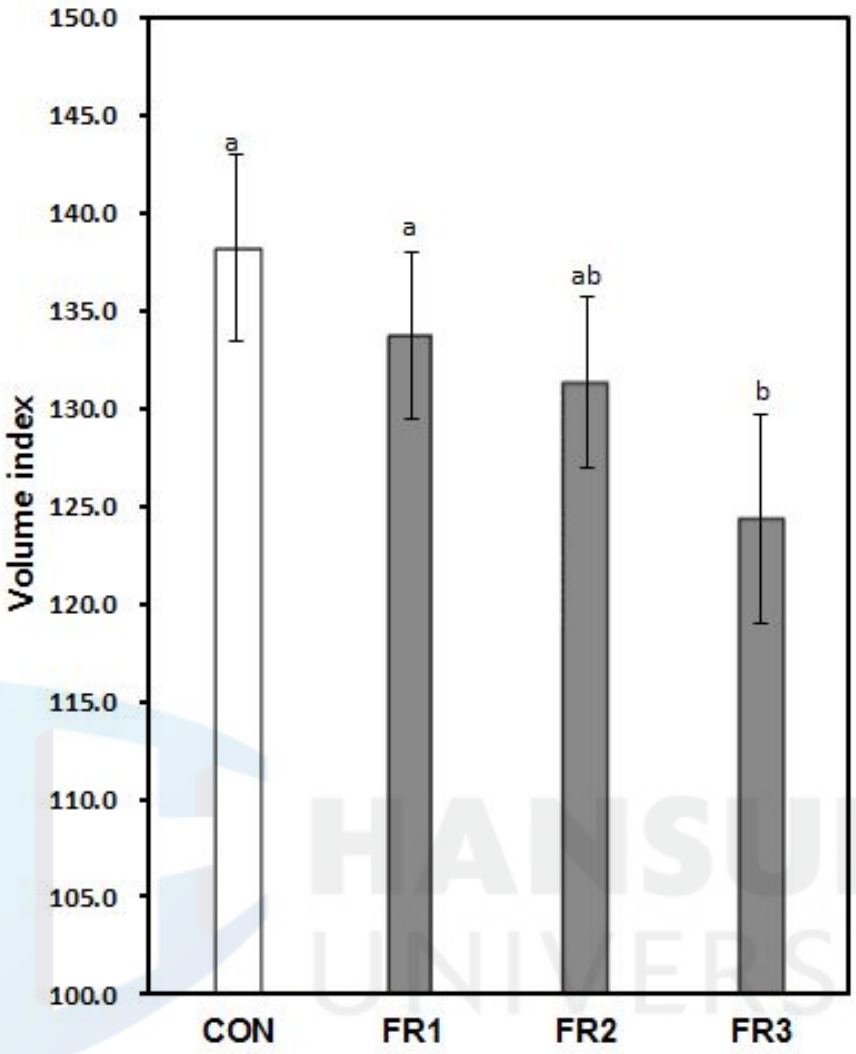

Fig. 21. Volume index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

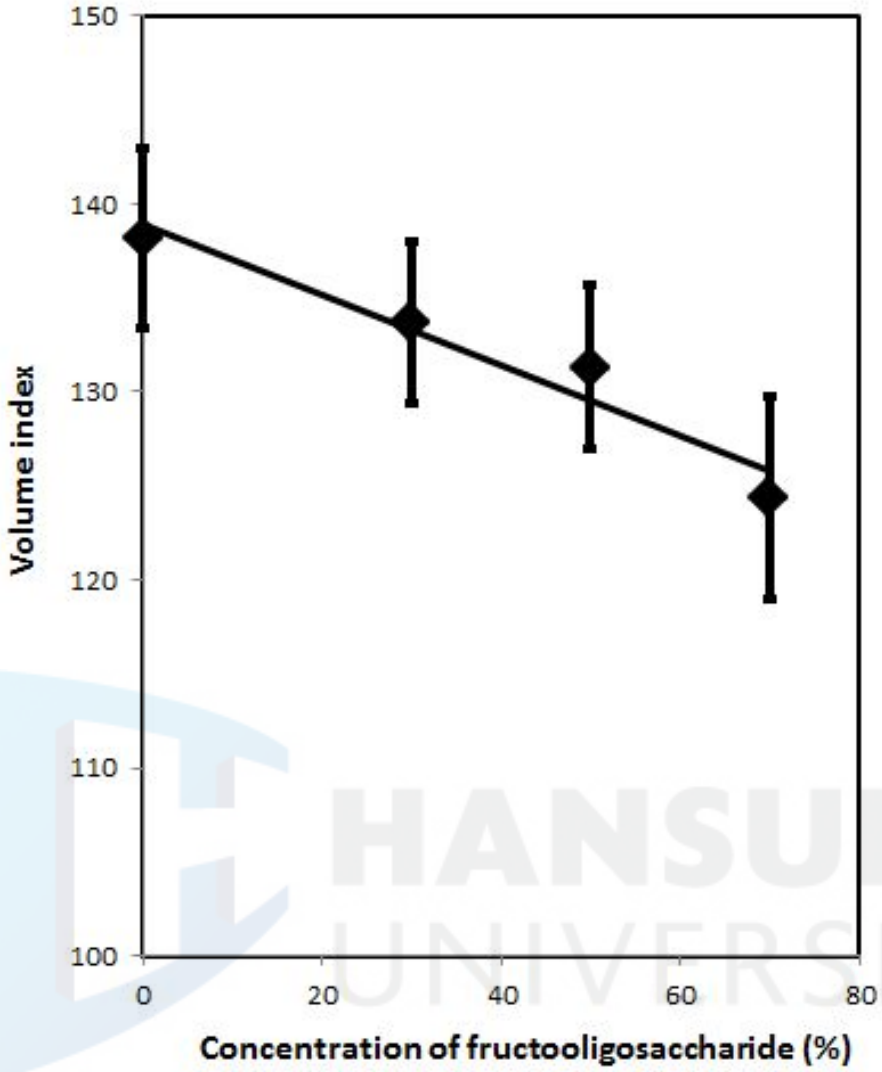

Fig. 22. Simple regression analysis between the volume index and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.03.

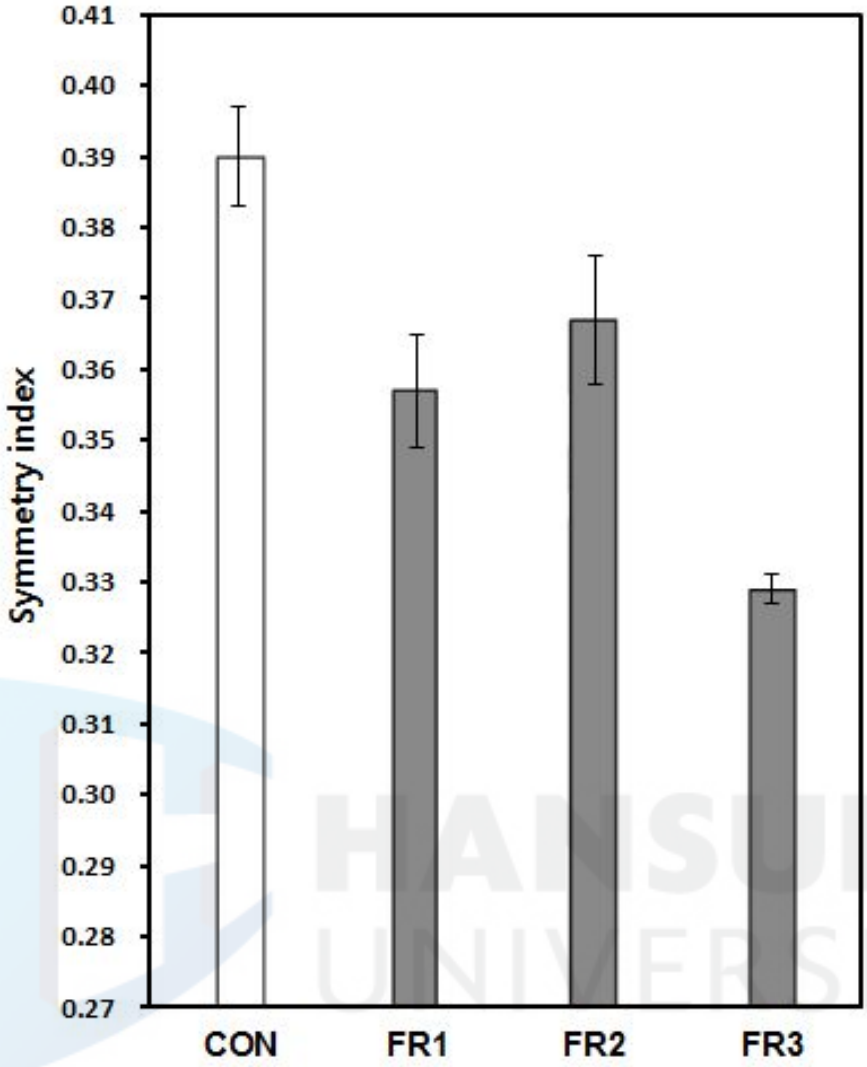

Fig. 23. Symmetry index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Significant differences were not detected.

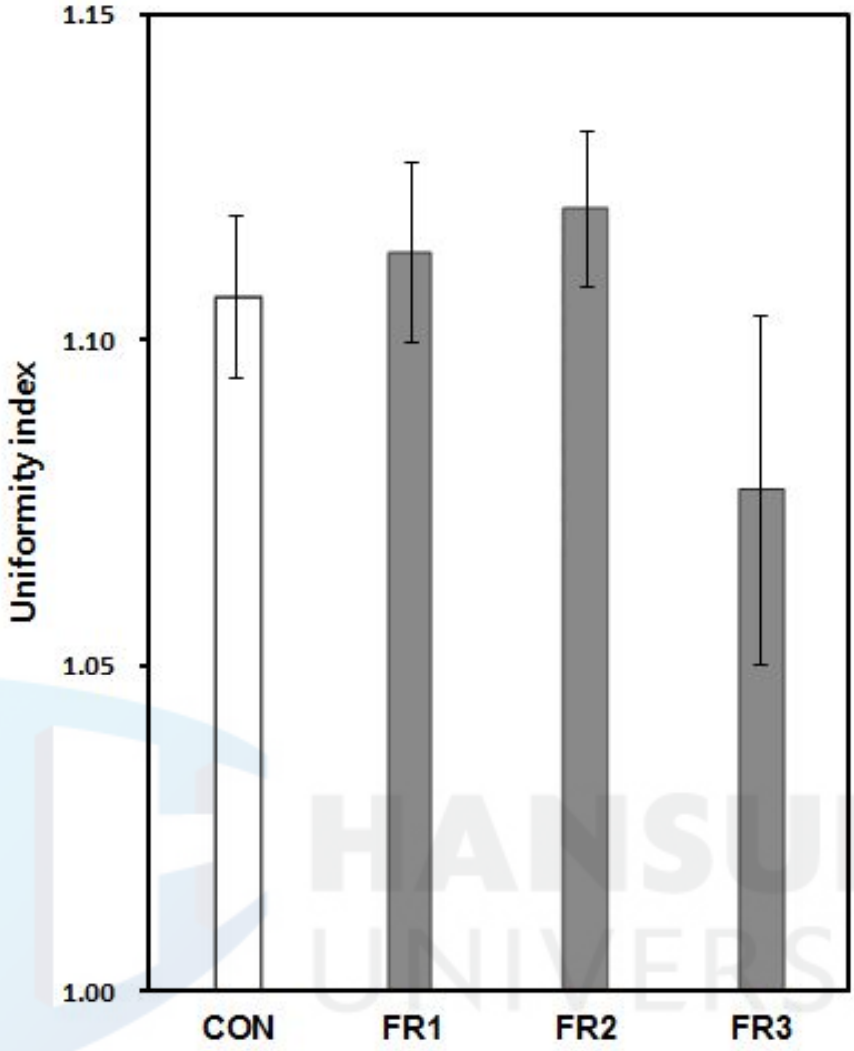

Fig. 24. Uniformity index of sponge cake prepared with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Significant differences were not detected.

7. 케이크의 색도

스폰지 케이크를 제조한 후, crust와 crumb으로 나누어 색도를 측정하였다 (Table 7). 케이크의 색도변화는 crust와 crumb가 다른 양상을 나타내었다. Crust의 경우, lightness (L value)는 실험구가 대조구보다 유의적으로 낮았다. 단순회귀분석 결과 (Fig. 25), 케이크 crust의 lightness (L value)는 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 감소하였다 (y = -0.1315x + 46.825, R^2 = 0.989). 대조구와 FR1 crust의 redness (a value)와 yellowness (b value)는 유의적인 차이가 없었고, FR2 및 FR3의 redness 대조구보다 유의적으로 높아지고 yellowness는 대구보다 유의적으로 낮게 나타내었다. Fig. 26에서와 같이, 프락토올리고당의 첨가량이 많을수록 케이크 crust의 redness는 유의적으로 증가하였고 (y = 0.0171x + 11.163, R^2 = 0.791), 케이크 crust의 yellowness는 유의적으로 감소하였다 (y = -0.0451x + 21.126, R^2 = 0.844).

당알콜류 (erythitol, sorbitol, xylitol)는 150℃ 이상 가열하여도 갈색화반응이 나타나지 않으나 프락토올리고당은 120℃부터 갈색화반응을 나타낸다.[62] 또한 당알콜류가 Maillard reaction을 나타내지 않는 것에 반하여 프락토올리고당은 아미노산과 반응하여 갈색물질을 형성하고, 반응액의 pH가 증가할수록 Maillard reaction에 의한 갈색물질의 생성도 증가한다.[63] 설탕 및 당알콜류는 Maillard reaction에 참여할 수 있는 aldehyde 및 ketone group이 없기 때문에 Maillard reaction이 거의 일어나지 않는 것으로 보고되고 있다.[64] 프락토올리고당 첨가구가 대조구보다 어두운 색을 나타낸 것은 고온에서 프락토올리고당이 분해되어 대조구보다 많은 양의 갈색화반응이 나타났기 때문으로 사료되었다.

케이크 crumb의 lightness는 대조구, FR1 및 FR2 사이에는 유의적인 차이

62)이철호, 변상희, 전게논문, pp 1089-1093.
63)상게논문, pp 1089-1093.
65)상게논문, pp 1089-1093.
64)이철호, 박춘상, 한복진, 김봉찬, 장지향, 전게논문, p 852.

가 없었고, FR3은 다른 시료보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 (Table 7). 설탕의 30-70%를 프락토올리고당으로 대체하여도 스폰지 케이크 내부의 redness나 yellowness에는 유의적인 변화가 나타나지 않았다. 이는 전술한 바와 같이, 케이크를 굽는 동안 케이크 내부의 온도가 100℃를 넘지 않으므로 프락토올리고당 분해에 의한 갈색화반응이 일어나지 않았기 때문으로 사료되었다.

HANSUNG UNIVERSITY

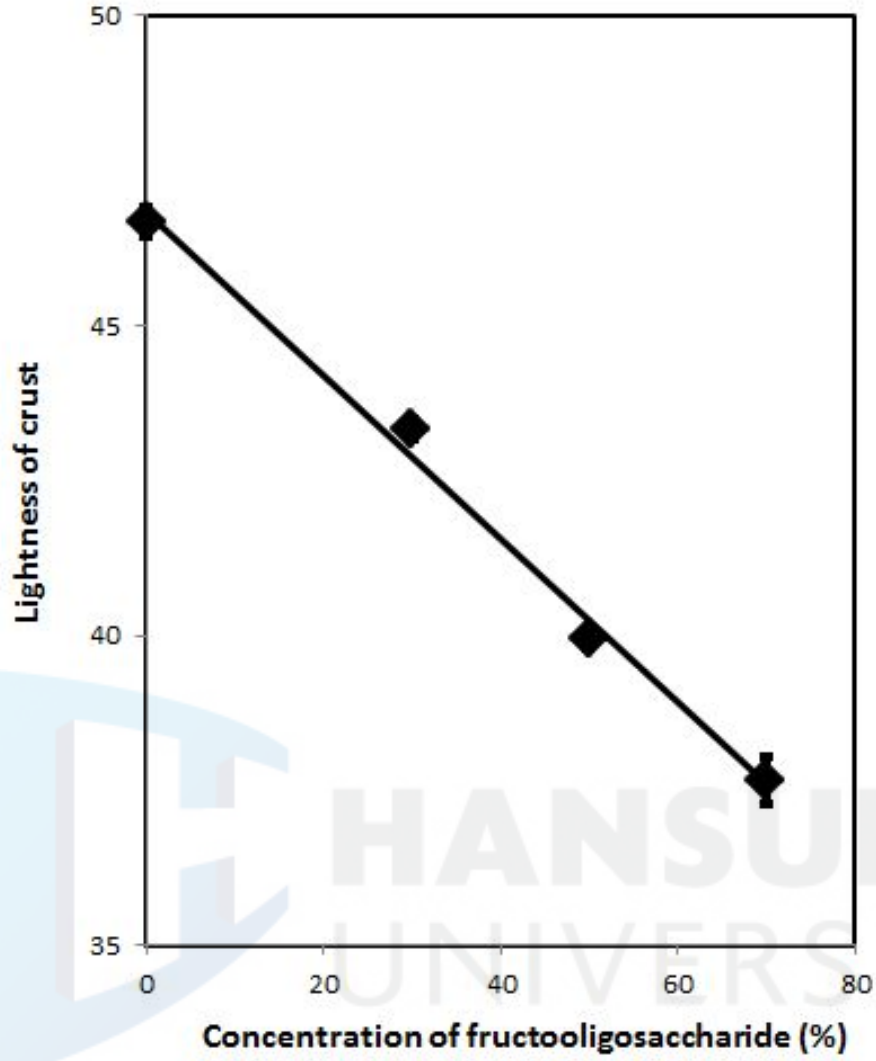

Fig. 25. Simple regression analysis between the lightness of crust and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

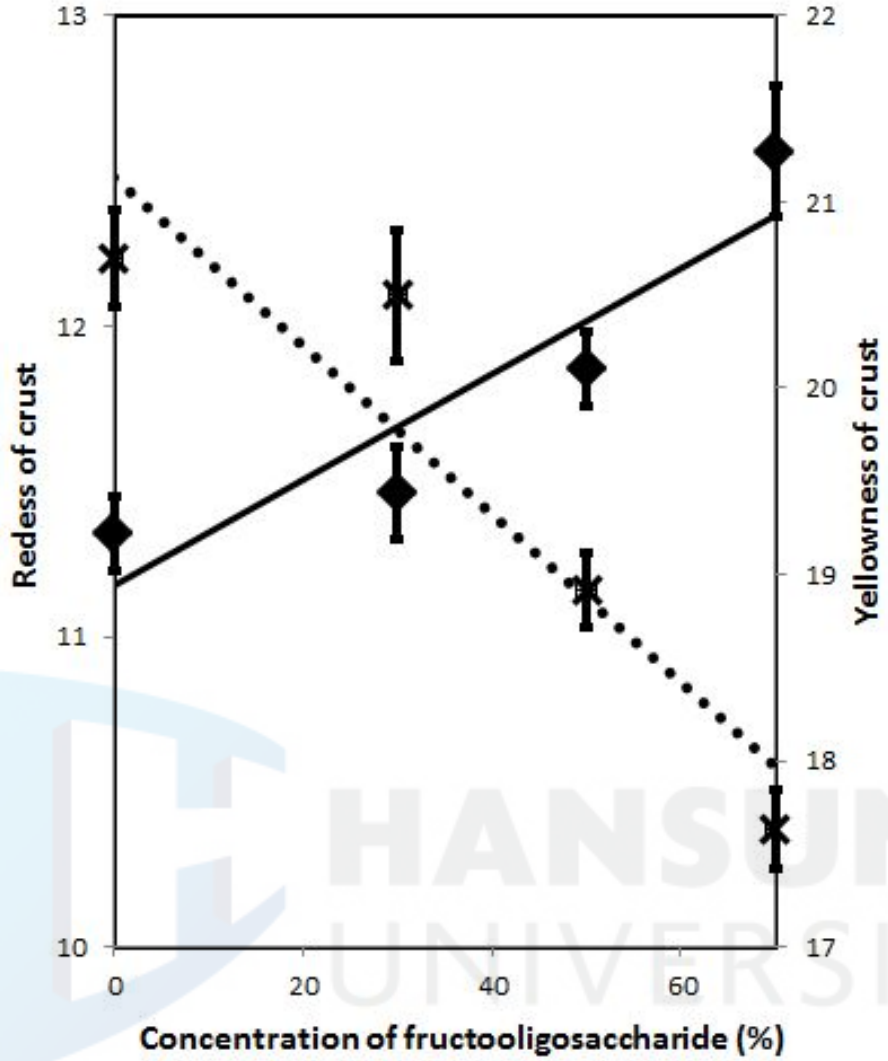

Fig. 26. Simple regression analyes between the redness of crust and the fructooligosaccharide concentration, and between the yellowness of crust and the fructooligosaccharide concentration. Significant difference were detected between two factors, p = 0.001.

Table 7. Chromaticity of sponge cake prepared with fructooligosaccharide.

	Crust			Crumb		
	L value	*a* value	*b* value	*L* value	*a* value	*b* value
CON	46.66±0.23[a]	11.33±0.12[a]	20.70±0.26[a]	80.60±0.36[a]	-3.23±0.09	27.73±0.15
FR1	43.33±0.15[b]	11.46±0.15[a]	20.50±0.35[a]	80.56±0.31[a]	-3.29±0.02	27.90±0.10
FR2	39.93±0.15[c]	11.86±0.12[b]	18.91±0.20[b]	80.03±0.32[a]	-3.20±0.03	27.43±0.23
FR3	37.66±0.38[d]	12.56±0.21[c]	17.63±0.21[c]	79.06±0.15[b]	-3.17±0.05	27.66±0.21

CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a column denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

8. 케이크의 조직감

스폰지 케이크의 조직감 (texture property)을 측정하였다. 대조구와 FR1의 경도 (hardness)는 약 300g 정도였고, FR2의 경도는 대조구보다 약 4% 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다 (Fig. 27). FR3의 경도는 대조구보다 유의적으로 감소하여 대조구의 85% 정도의 경도를 나타내었다. 단순회귀분석 결과, 케이크에 들어가는 프락토올리고당의 양의 많을수록 케이크의 경도가 낮아지는 것으로 나타났다 ($y = -0.662x + 311.78$, R^2 =0.653, p value = 0.01). 케이크의 경도는 케이크 제조시에 첨가되는 물질의 비용적에 직접적으로 영향을 받으며, 간접적으로는 중량, 부피, 수분함량 등에 영향을 받는다.[65]

스폰지 케이크의 탄력성 (springiness; 변형된 시료가 힘이 제거된 후 원래대로 되돌아가려는 성질)도 경도와 유사한 경향을 나타내었다 (Fig. 28). 즉, 대조구와 FR1은 유의적인 차이가 없었고, FR2 대조구보다 1.2% 낮은 탄력성을, FR3은 대조구보다 3.2% 낮은 탄력성을 나타내었다. 단순회귀분석 결과, 케이크에 들어가는 프락토올리고당의 양의 많을수록 케이크의 탄력성이 낮아지는 것으로 나타났다 ($y = -0.0004x + 0.9483$, R^2 =0.785, p value = 0.01).

스폰지 케이크의 응집성 (cohesiveness; 시료가 원래의 형태를 유지하려는 힘)을 측정한 결과는 Fig. 29와 같다. 대조구가 가장 높은 응집성을 나타내었고 프락토올리고당을 넣을수록 케이크의 응집성이 감소하였으나, 대조구, FR1, 및 FR2 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. FR3은 다른 시료보다 유의적으로 낮은 응집성을 나타내었다. 단순회귀분석 결과, 케이크에 들어가는 프락토올리고당의 양의 많을수록 케이크의 응집성이 낮아지는 것으로 나타났다 ($y = -8E-05x + 0.7923$, R^2 =0.700, p value = 0.01).

검성 (gumminess; 반고체 상태의 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는데 필요한 힘)과 씹힘성 (chewiness; 고체 상태의 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 데 필요한 힘)을 측정한 결과는 Figs. 30-31과 같다. 검성과 씹힘성은 대조구가 가장 높았고, 프락토올리고당을 첨가한 실험구는 대조구보다 낮았다.

---

65) T.M. Lu.., Lee, C.C. Mau, J.L. and Lin, S.D., op .cit,. pp 1090-1095.

대조구와 FR1 사이에는 유의적인 차이가 없었고, FR3은 대조구보다 유의적으로 낮은 검성과 씹힘성을 나타내었다.

단순회귀분석 결과, 케이크에 들어가는 프락토올리고당의 양의 많을수록 케이크의 검성, 및 씹힘성이 낮아질 것으로 추정되었다 (검성; y = −0.5441x + 246.95, R^2 =0.661, p value = 0.02, 씹힘성; y = −0.5978x + 233.92, R^2 =0.686, p value = 0.02).

조직감을 나타내는 특성치 간의 상관관계를 산출하였다. Table 8에서와 같이, texture characteristics 간에는 강한 정의 상관관계를 형성하였다. 이는 TPA 측정 원리 상, 검성 및 씹힘성은 경도, 탄력성, 응집성과 비례하기 때문인 것으로 사료되었다.

HANSUNG UNIVERSITY

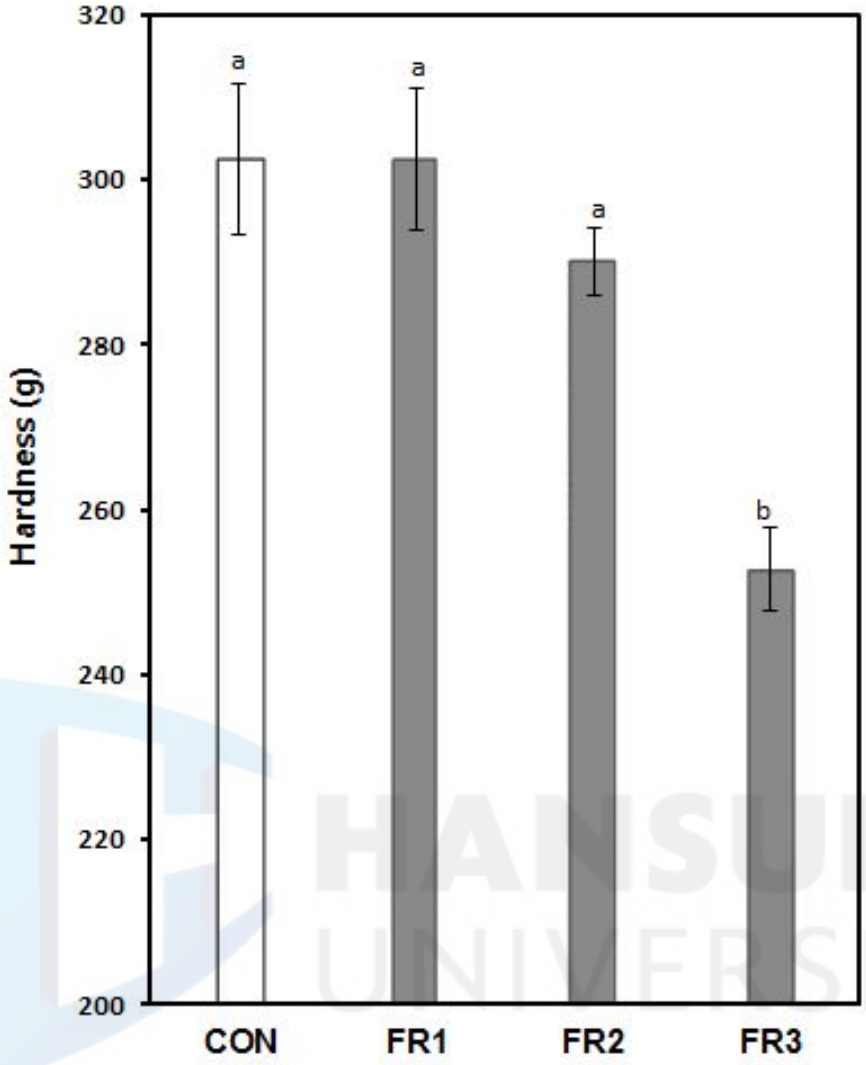

Fig. 27. Hardness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

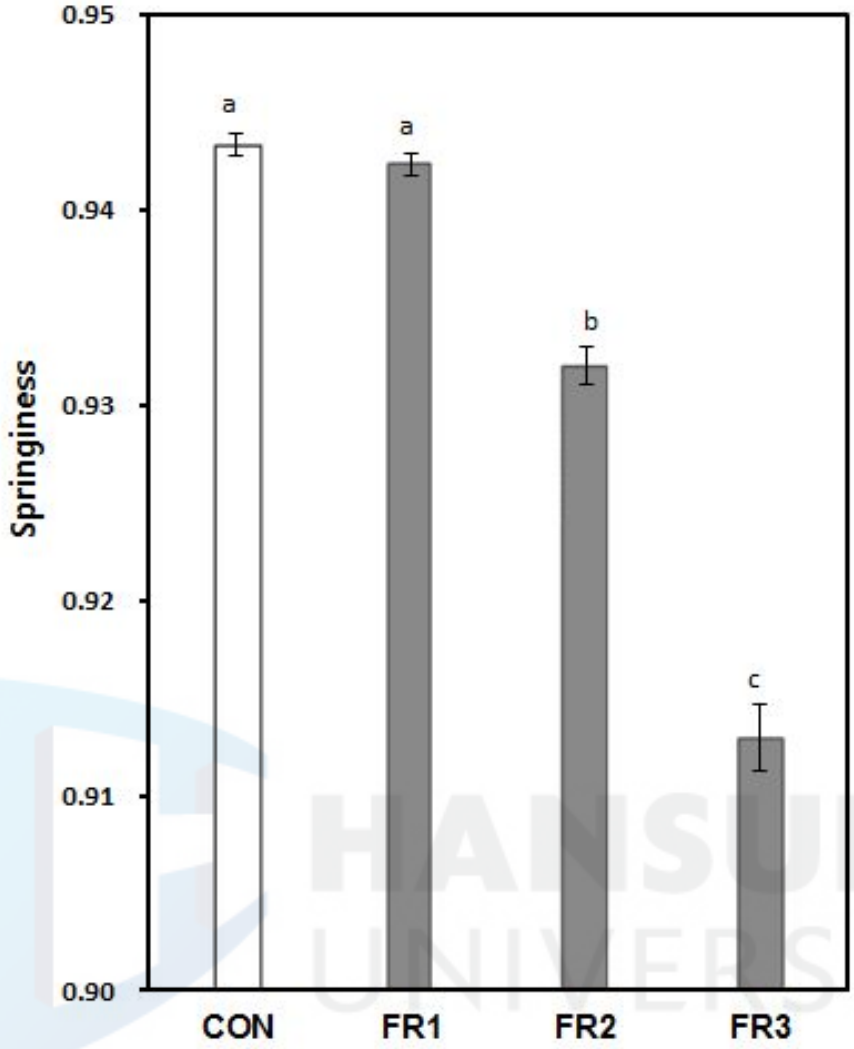

Fig. 28. Springiness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

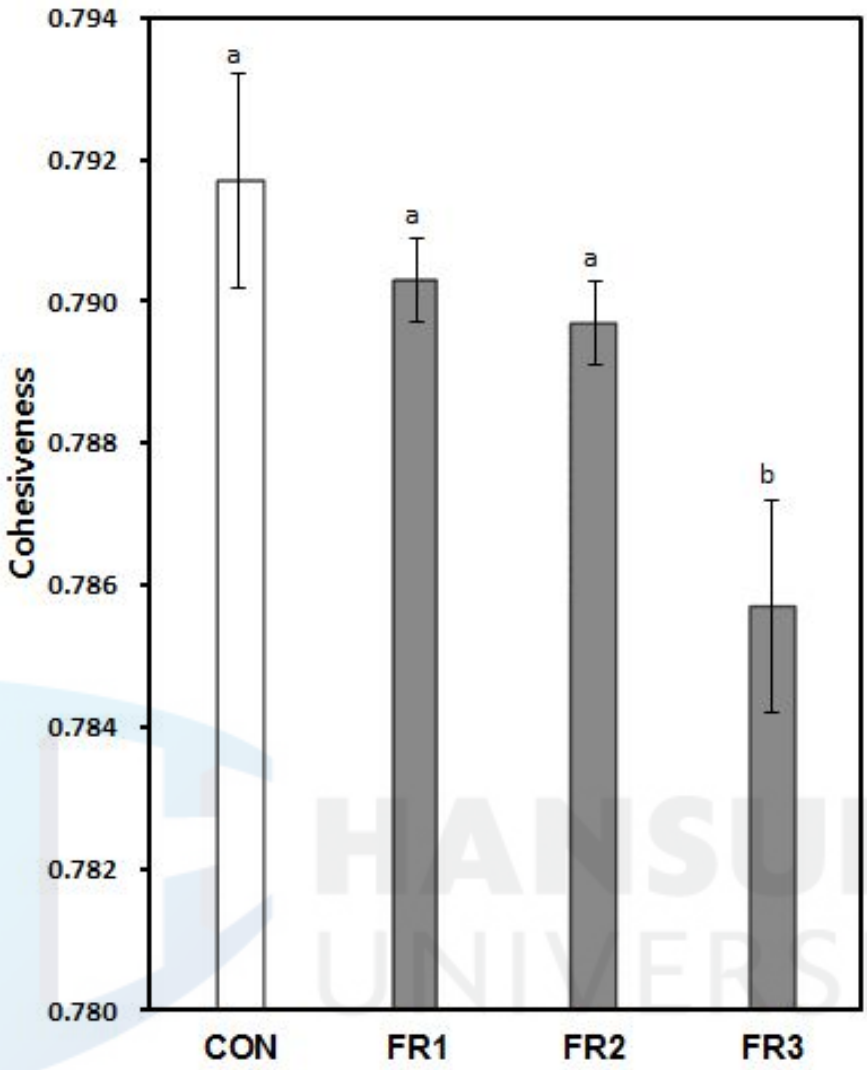

Fig. 29. Cohesiveness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

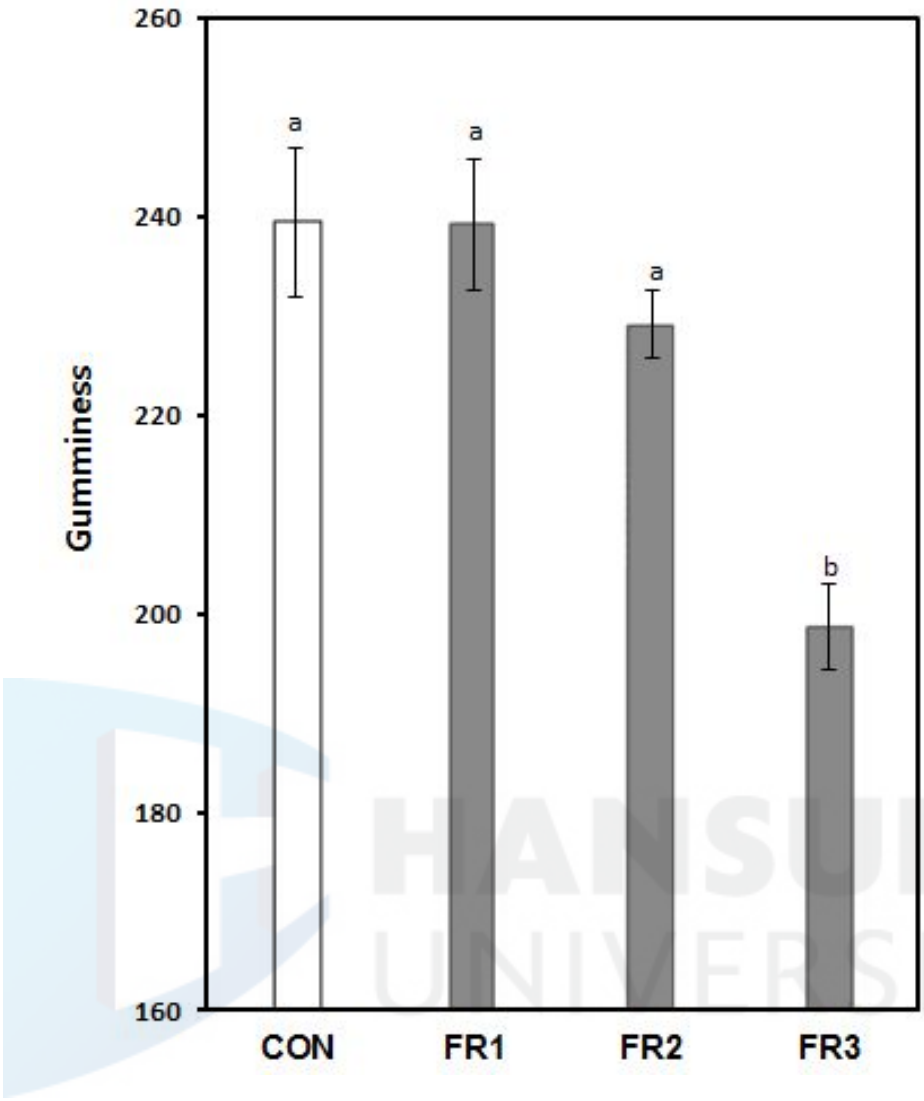

Fig. 30. Gumminess of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

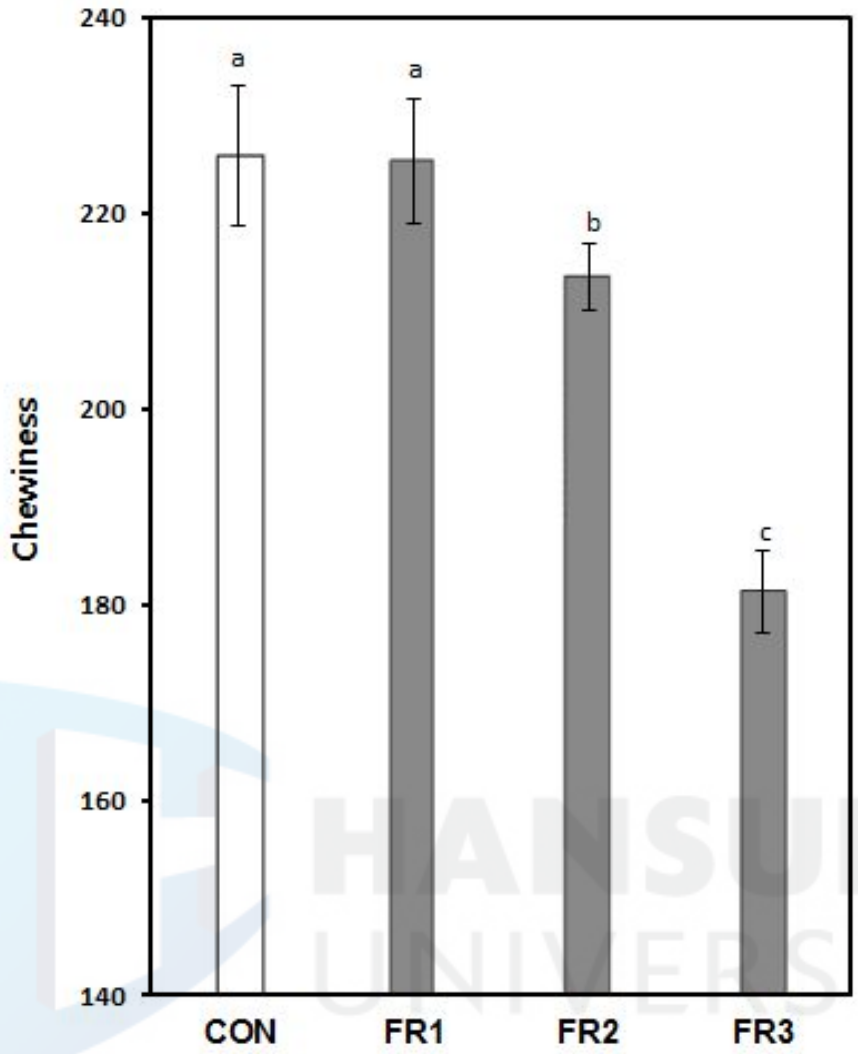

Fig. 31. Chewiness of sponge cake made with fructooligosaccharide replacing for sugar. CON; control (100% white sugar), FR1; 30% fructooligosaccharide + 70% white sugar, FR2; 50% fructooligosaccharide + 50% white sugar, FR3; 70% fructooligosaccharide + 30% white sugar. Same letters in a figure denote values that were not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by ONE-WAY ANOVA and Duncan's multiple range test.

Table 8. *Pearson*'s correlation coefficients between the texture characteristics of sponge cake replacing for fructooligosaccharide.

	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Hardness	1				
Springiness	0.965*	1			
Cohesiveness	0.910*	0.916*	1		
Gumminess	0.998*	0.966*	0.916*	1	
Chewiness	0.994*	0.975*	0.919*	0.954*	1

*; $p < 0.05$

HANSUNG UNIVERSITY

제 5 장 결 론

본 연구에서는 섭취시 사람의 효소로 분해되지 않는 난소화성 저칼로리 프락토스올리고당을 스펀지케이크의 주재료인 설탕을 대체하여 열량이 낮고 당뇨와 비만 의 위험이 낮은 스폰지 케이크를 제조하기위해 프락토올리고당의 첨가가 스폰지 케이크 반죽 및 케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 측정하였고 그 결과는 다음과 같다.

1. 스폰지 케이크 반죽의 pH는 제조시에 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 증가하였고, 반죽의 점도는 프락토올리고당의 양과 비례하여 유의적으로 증가했으며 반죽의 비중은 30% 및 50%의 프락토올리고당을 대체한 실험에서는 대조구보다 비중이 낮아졌으나 유의적이지는 않았다. 반면에 70%의 첨가한 실험에서는 대조구 및 다른 실험구보다 유의적으로 낮은 반죽 비중을 나타내었으며 이는 프락토올리고당이 글루텐 형성을 저해하여 질감을 부드럽게 하고 기포형성을 도와준 것으로 사료된다,

2. 프락토올리고당의 첨가량과 반죽 특성 간의 상관관계는 스폰지 케이크 반죽의 pH와 점도는 프락토올리고당의 첨가량과 정의 상관관계를 비중은 부의 상관관계를, 비중과 점도 사이에는 약한 부의 상관관계를 나타내었다.

3. 굽는 동안 나타난 케이크 중심부의 온도 변화는 20분까지 급격히 증가하였고, 그 후에는 온도 변화가 완만히 나타났으며 대조구 및 실험구에서 케이크 내부의 온도 변화는 유의적인 차이가 나타나지 않았고 케이크를 굽는 동안 중심부의 최대 온도는 89.2-90.7℃로 100℃ 보다 낮은 온도를 유지하여 프락토올리고당이 지닌 건강기능성은 소실되지 않고 스폰지 케이크 내에 포함되어 있을 것으로 추정하였다.

4. 스폰지 케이크의 중량과 수분 함량은 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로 증가하였고 이는 플락토올리고당의 첨가에 의한 수분보유 효과인 것으로 사료되었다.

5. 케이크의 굽기손실율(BLR)은 프락토올리고당의 양에 비례하여 유의적으로

감소했다. 이는 오븐에서 케이크가 익는 동안 수분이 수증기로 팽창되어 빠져나가지 않아 대조구의 케이크보다 수분의 함량이 높아 좋은 질감과 식감을 갖는 케이크로 사료된다.

6. 프락토올리고당은 스폰지 케이크의 모든 물리적 특성에 유의적으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며 중량은 수분함량과 정의 상관관계를 나타내었다. 따라서 케이크의 수분함량이 많을수록 중량이 커지는 것으로 사료되었고 케이크의 중량은 굽기손실율에 강한 부의 상관관계를, 굽기 손실율은 수분함량에 강한 부의 상관관계를 나타내었다. 그러므로 굽는 과정동안의 수분 손실이 감소하여 케이크의 수분함량이 높아졌고, 최종적으로 케이크의 중량이 증가한 것으로 나타났다.

케이크의 비용적은 중량과는 약한 부의 상관관계를, 부피와는 강한 정의 상관관계를 나타내었다.

7. 케이크의 부피지표 (volume index)는 실험구가 대조구보다 낮은 부피지수를 나타냈으나 유의적인 차이는 관측되지 않았고, 대칭성지표 (symmetry index)는 대조구가 가장 높았고 실험구는 대조구보다 낮았으나 유의적인 차이는 없었으며 설탕의 70%까지를 프락토올리고당으로 대체하여도 스폰지 케이크의 균형을 유지할 수 있었다.

균일성지표 (uniformity index)는 스폰지 케이크의 좌우 대칭성을 나타내는 것으로 대조구와 실험구 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 설탕의 30-50%까지를 프락토올리고당으로 대체하였을 때, 케이크의 균일성지표가 대조구보다 증가하였다.

8. 케이크의 색도변화는 crust와 crumb가 다른 양상을 나타내었다. Crust의 경우, lightness (L value)는 실험구가 대조구보다 유의적으로 낮았다. 이는 고온에서 프락토올리고당이 분해되어 대조구보다 많은 양의 갈색화반응이 나타났기 때문으로 사료되었다. redness와 yellowness는 첨가되는 프락토올리고당의 양이 30%에서는 대조구와 유의적인 차이가 없었으나 50% 및 70%에서는 대조구보다 crust의 redness는 유의적으로 증가하였고 yellowness는 유의적으로 감소하였다.

케이크 crumb의 lightness는 대조구와 30% 및 50% 사이에는 유의적인 차이가 없었고 70%에서는 다른 시료보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며 내부의 redness나 yellowness에는 유의적인 변화가 나타나지 않았다. 이는 케이크를 굽는 동안 케이크 내부의 온도가 100℃를 넘지 않으므로 프락토올리고당 분해에 의한 갈색화반응이 일어나지 않았기 때문으로 사료되었다.

9. 스펀지케이크의 TPA측정에서 경도는 대조구와 30% 대체한 실험에서는 약 300g 정도였고 50%실험에서는 약 4% 감소하였으나 70%실험에서는 대조구보다 유의적으로 감소하여 대조구의 85% 정도의 경도를 나타내었다.

탄력성은 프락토올리고당의 양의 많을수록 케이크의 탄력성이 낮아지는 것으로 나타났고 응집성은 대조구와 30% 및 50% 시료 사이에는 유의적인 차이는 나타나지 않았고 70%에서는 다른 시료보다 유의적으로 낮은 응집성을 나타내었다.

탄성은 대조구와 30%대체한 실험에서는 유의적인 차이가 없었고, 50%는 1.2% 낮은 탄력성을, 70%는 대조구보다 3.2% 낮은 탄력성을 나타내었다.

검성과 씹힘성은 대조구와 30% 및 50%시료 사이에는 유의적인 차이가 없었고, 70%에서는 대조구보다 유의적으로 낮은 검성과 씹힘성을 나타내었다.

이상의 실험결과 설탕과 대치하여 첨가되는 프락토올리고당으로 제조한 스펀지케이를 굽는 동안 중심부의 최대 온도는 89.2-90.7℃로 100℃ 보다 낮은 온도를 유지하여 프락토올리고당이 지닌 건강기능성은 소실되지 않고 스폰지케이크 내에 포함되어 있을 것으로 사료되며, 대체되는 프락토올리고당의 양이 증가해도 제품의 부피지표와 대치성지표에서 유의적 차이가 크지 않아 케이크의 균형을 유지할 수 있고 수분보유력도 증가해 저장성도 길어져 스폰지케이크의 제조에 매우 중요한 요인의 감미 소재로 사료된다.

일본과 유럽에 비해 늦게나마 국내 사용허가를 받은(2004년 식품 공전) 프락토올리고당의 기능성이 고열량 감미료의 대체 당으로 더 많은 식품에 연구된다면 시장의 성장이 더욱 커 질것으로 기대된다.

【참고문헌】

1. 국내문헌

강병선, 문성원, 2010, 「로즈마리 분말 첨가가 스폰지 케이크의 저장 중 색과 관능 특성에 미치는 영향」, 『한국식품저장유통학회지』 17, 한국식품저장유통학회, pp 9-15.

김상숙, 정혜영, 2012, 「프락토올리고당과 유화제 혼합사용 가래떡의 텍스처와 관능적 묘사 특성」, 『한국식품영양과학회지』 41, 한국식품영양과학회, pp23-828.

김영애, 1998, 「올리고당의 첨가가 케익의 품질과 노화에 미치는 영향」, 『한국식품영양과학회지』 27, 한국식품영양과학회, pp 875-880.

김정열, 육철, 권혁건, 홍성용, 박찬구, 박경호(1995), 「이소말트올리고당과 프락토올리고당의 물리적 성질및 생리학적 특성」, 『한국식품과학회지』27, 한국식품과학회, pp 170-175.

김창순, 1994, 「고당배합 케이크에서의 원료의 역할과 열에 의한 케이크 구조의 고정화」 『한국식품영양과학회지』23-3, 한국식품영양과학회, pp 520-529.

김창순, 이영순, 1997, 「올리고당과 당알콜을 이용한 스폰지 케익의 제조」 『한국조리과학회지』 3(2), 한국조리과학회, pp 204-209.

나연미, 이영주, 전순실, 2012, 「프락토 올리고당을 첨가한 토마토잼의 품질특성」, 『한국식품영양과학회지』 41, 한국식품영양과학회, pp 227-232.

농축산신문, 2001, 2월19일, 대체감미료시장 급신장 기사.

박민경, 인만진, 정영철, 2002, 「프락토올리고당과 클로렐라가 김치 숙성에 미치는 영향」 『한국식품영양과학회지』 31, 한국식품영양과학회지, pp 760-764.

박민아, 이정원, 신말식 이선영, 2007, 「저항전분 통호밀 및 프락토올리고당을 첨가한 식빵의 개발과 Glycemic index 감소 효과」, 『대한지역사회영양학회지』 12 - 2, 대한지역사회영양학회, pp 189-197.

박정은, 정홍도, 장명숙, 2009, 「대나무잎 가룰를 첨가한 스폰지 케이크 재료 혼합비율의 최적화」, 『식품조리과학회지』 25:3, 식품조리과학회, pp 317-329.

송승구, 1993,「미생물 기원의 프락토올리고당」, 『생물공학동향』, 한국과학기술원, pp 36-44.

안호기, 홍금주, 이은준, 2010, 「함초 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국식생활문화학회지』 25, 한국식생활문화학회, pp 47-53.

약업신문, 2005, 『건강식품 디테일,5: 올리고당 및 프락토올리고당』, 약업신문사, 31-5통권359호, pp 54-59.

양혜영, 조영주, 오상석, 박기환, 2003, 「대두유와 버터의 첨가비율 및 온도가 스펀지케익의 품질에 미치는 영향」, 『한국식품과학회지』35, 한국식품과학회, pp 856-864.

우동호, 2005, 「프락토올리고당의 생리 기능성」『식품기술』 18-4, 한국식품정보원, pp 69-87.

이경애, 이윤진, 이선영, 1999, 「올리고당을 사용한 스폰지 케이크의 물리적, 관능적 및 텍스쳐 특성」, 『한국식품영양과학회지』28, 한국식품영양과학회, pp 547-553.

이명호, 1998,「제과제빵에 다양한 설탕이용에 관한 연구」『한국조리학회지』4(1), 한국조리학회, pp 250-269.

_____, 이수열, 이상아, 최영심, 2010, 「단호박 가루를 첨가한 쌀가루 스폰지 케이크의 이화학적 특성」, 『한국식품영양학회지』 23, 한국식품영양학회, pp 162-170.

이재훈 ,곽은정, 김지상, 이영순. 2007, 「매생이 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국조리과학회지』 23, 한국조리과학회,

pp 83-89.
이진경, 오명숙, 2010, 「당알코올 첨가 스폰지 케이크의 품질특성」, 『한국식생활문화학회지』 25, 한국식생활문화학회, pp 615-624.
이철호, 박춘상, 한복진, 김봉찬, 장지향, 「대체감미료 당유도체의 유변성에 관한 연구」, 『한국식품과학회지』22, 한국식품과학회, p 852.
_____, 변상희, 1997, 「대체감미료 에리스리톨의 이화학적인 성질에 관한 연구」, 『한국식품과학회지』29, 한국식품과학회지, pp 1089-1093.
인만진, 김동청, 채희정, 2006, 「설탕을 원료로 제조된 프락토올리고당 액상 제품에서 프락토올리고당의 가수분해에 영향을 미치는 요인」 『한국응용생명화학회지』 49, 한국응용생명화학회, pp 86-69.
정예선, 곽연화, ,이미나, 김대진, 2009, 「에리스리톨을 첨가한 저열량 스펀지케이크의 품질특성」,『한국식품영양과학회』, 한국식품영양과학회, pp 1606-1611 .
조남지, 2006, 『제과제빵 재료학』, 비앤씨 월드, pp 97-127
최순남, 정남용, 2010, 「캐슈를 첨가한 파운드케이크의 품질특성」, 『한국식품조리과학회지』 26, 한국식품조리과학회, pp198-205.
최영진, 김광옥, 1990, 「대체 감미료를 이용한 Sponge Cake 의 특성」, 『한국조리과학회지』6, 한국조리과학회, pp 59-65.
최윤정, 이경애, 이윤진, 2001,「올리고당을 사용한 집청액이 약과의 물리적, 관능적 특성에 미치는 영향」, 『한국식품조리과학회지』 17, 한국식품조리과학회, pp 399-404.

2. 국외문헌

AACC, 2000, *The American Association of Cereal Chemists,* Approved methods of the AACC, 8th ed. 10-15.

Beava, M., and I. Panchev, 2005, "Investigation of the Retaining Effect of a Pectin-containing Edible Film Upon the Crumb Ageing of Dietetic Sucrose-free Sponge Cake", *Food Chem* 92 pp 343-348.

Berglund, P.T., and D.M. Hertsgaard, 1986, "Use of Vegetable Oils at Reduced Levels in Cake, Pie Crust, Cookies and Muffins", *J. Food Sci.* 51. pp 640-644.

Coleman, P.E., and C.A.Z. Harbers, 1983, "High Fructose Corn Syrup: Replacement for Sucrose in Angel Cake", *J. Food Sci.* 48, pp 452-456.

Freeman, T.M., 1989, "Sweetening Cake and Cake Mixes with Alitame", *Ceral Foods Worlds* 34: pp1013-1015.

Fujiyama, Y., 1989, "The Method of Experiment". Japan International Baking School, *Tokyo, Japan*, pp 3-57.

Homme, L.C., M. Arbelot, A. Puigserver, and Biagini, A., 2003, "Kinetics of Hydrolysis of Fructooligosaccharides in Mineral-buffered Aqueous Solutions Influence of pH and Temperature", *J. Agric. Food Chem.* 51, p 224-228.

Hoseney, R.C., and J. Smewing, 1999, "Instrumental Measurement of Stickiness of Doughs and Other Foods", *J. Text. Stud.* 30, pp 123-136.

Katapodis, P., E. Kaloferis, D. Kekos, B.J. Macris, and P. Christakopoulos, 2004, "Biosynthesis of Fructooligosaccharides by Sporotrichum Thermophile During Submerged Batch

Cultivation in High Sucrose Media", *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 63, pp 378-382.

Kweon, H.K., and C. Yook, 1994, "Physicochemical Properties of Isomaltooligosaccharides and its Application to Foods", *Bioindustry News* 7, pp 26-30.

Lu, T.M., C.C. Lee, J.L. Mau, and S.D. Lin, 2010, "Quality and Antioxidant Property of Green Tea Sponge Cake", *Food Chemistry*119, pp 1090-1095.

Matsakidou, A., G. Blekas, and A. Paraskevolou, 2010, "Aroma and Physcal Characteristics of Cakes Prepared by Replacing Margarine with Extra Virgin Olive Oil". *LWT-Food Sci. Technol.* 43, pp 949-957.

Mizukoshi, M., 1991, "Thermal Expansion of Cake Battter", *Phenomenon of Suspension (2). Pain* 38, pp 46-49.

Ronda, F. M. Gomez, C.A. Blanco, and A. Calallero, 2005, "Effects of Polyols and Nondigestiable Oliosacharides on the Quality of Sugar-free Sponge Cakes", *Food Chem.* 90, pp 549-555.

Sauaele, H.J., H. F.Ziegler, and J. H. Weideman, 1983, "High Fructose Corn Syrups for Bakery Applications", *Baker's Digest* 21, pp 26-28.

Sheu, D.C., K.J. Duan, C.Y. Cheng, J.L. Bi, and J.Y. Chen, 2002, "Continuous Production of High-content Fructooligosaccharides by a Complex Cell System", *Biotechnol. Prog.* 18, pp 1282-1286.

Spiegel, J.E., R. Rose, P. Karabell, V.H. Frankos, and D.F. Schmitt, 1994, "Safety and Benefits of Fructooligosacchrides as Food Ingredients". *Food Technol.* 48, p 85-89.

Summu, G., S. Sahin, and M. Sevimli, 2005, "Microwave, Infrared and Infrared-microwave Combination Baking", *Journal of Food*

Engineering 71, pp 150-155.

Yun, J.W., 1996, "Fructooligosaccharides-occurence, Preparation, and Application", *Enzyme Microbiol Tehcnol* 19, p 107-117.

3. 기타

http://whatscookingamerica.net/History/Cakes/SpongeCake.htm

HANSUNG UNIVERSITY

ABSTRACT

Physicochemical Characteristics of Sponge Cake replacing for Fructooligosaccharide

Baek, Yong Ha
Major in Food Service Management
Dept. of Hotel, Tourism and Restaurant Management
Graduate School of Business Administration
Hansung University

In this study, sponge cake good for the health was prepared with fructooligosaccharide that is similar to sugar physicochemically but very different physiologically and the effects were measured on physicochemical characteristics of sponge cake batter and quality characteristics of cake due to addition of fructooligosaccharide.

As for the experimental results of physicochemical characteristics of sponge cake batter prepared by replacing white sugar with fructooligosaccharide, pH was increased(8.15~8.40) more than that of regular sponge cake(7.3~7.6), specific gravity of batter was reduced and viscosity was significantly increased in proportion to the amount of fructooligosaccharide added through replacement. That is, pH of batter showed strong positive correlation in viscosity and strong negative correlation in specific gravity and weak negative correlation between

specific gravity and viscosity.

The maximum temperature of the center of cake appeared during baking was 89.2-90.7℃ and there were no significant differences in temperature change. In addition, weight and moisture content were significantly increased in proportion to the amount of fructooligosaccharide and volume and Baking Loss Rate(BLR) were reduced.

Volume index of the appearance of cake was significantly reduced and the balance of sponge cake was maintained even when replaced up to 70% of sugar in symmetry index and uniformity index was increased more than the control group.

In color value of cake, lightness(L value) and yellowness(b value) of crust were shown to be low and redness(a value) was significantly higher than the control group and there were no significant changes at the inside of cake even when 30-70% of sugar was replaced with fructooligosaccharide.

As for the result of measuring texture of cake, as there were more amount of fructooligosaccharide in it, gumminess and chewiness of cake were low

The experimental results show that balance, texture, and keeping quality of sponge cake products have been improved by using fructooligosaccharide as sugar replacement. Accordingly, it is expected that consumers will have a wide range of selections as calories are low and functionality are enhanced if it is studied on more confectionery and bakery products as high calorie sweetener replacement.

【Key words】fructooligosaccharide, sponge cake, physicochemical characteristics, color value, texture of cake